UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

DeTec – Departamento de Tecnologia

Curso de Engenharia Mecânica – Campus Panambi

ROGÉRIO RENNER

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE POTÊNCIA E CONDICIONAMENTO HIDRÁULICO

Panambi

2010

ROGÉRIO RENNER

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE POTÊNCIA E CONDICIONAMENTO HIDRÁULICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca avaliadora do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Banca Avaliadora:

1° Avaliador: Prof. Dr. Eng. Luiz Antonio Rasia

2° Avaliador (Orientador): Prof. Dr. Eng. Antonio Carlos Valdiero

Aos meus pais Carlos e Marlene, e minha esposa Katina, pelo amor, carinho e estímulo que me ofereceram, dedico-lhes essa conquista como gratidão.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Katina pelo incentivo a não desistir dos estudos, mesmo nos momentos mais difíceis, pelo seu amor e compreensão.

Aos meus pais pelo apoio e dedicação em toda esta etapa da minha vida.

Aos colegas que por estes longos anos foram companheiros nas viagens, muitas vezes perigosas e emocionantes, entre Ijuí e Panambi.

Aos colegas Audrien Schmidt e Rodrigo Schulz pelo apoio nos trabalhos e incentivo aos estudos.

Aos Professores, agradecer por todo o ensinamento, lições e apoio que tivemos durante o curso.

Ainda, agradecer Marcos Henrique Schell por seu apoio técnico na conclusão deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O presente trabalho consiste no projeto e construção de uma unidade de potência e condicionamento hidráulico, com o objetivo de atender as necessidades do - NIMASS - Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas da UNIJUÍ Campus Panambi. No desenvolvimento deste trabalho levam-se em conta principalmente os resultados de trabalhos anteriores, realizados nesta instituição, onde foram levantadas as características necessárias para a construção deste equipamento para possibilitar simulações em laboratório utilizando a hidráulica proporcional. O auxilio de algumas empresas parceiras deste projeto foi de grande importância para o desenvolvimento e construção do equipamento, seja pelo apoio financeiro, apoio técnico ou mão de obra disponibilizada. A inclusão de um equipamento deste porte ao NIMASS contribui para o ensino como forma de aliar teoria e prática possibilitando aos alunos o contato com equipamentos até então conhecidos apenas por livros.

Palavras-chave: Unidade de potência hidráulica, condicionamento hidráulico, deslocamento, hidráulica proporcional;

LISTA DE FIGURAS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades

O trabalho de conclusão de curso é uma oportunidade de integrar teoria e prática envolvendo assuntos das diferentes áreas de saber desenvolvidas no decorrer do curso de graduação em Engenharia Mecânica. Neste estudo é feito o projeto e construído uma unidade de potência e condicionamento hidráulico, que deverá ser utilizada para realização de diversos experimentos no - NIMASS - Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas da UNIJUÍ Campus Panambi.

Atualmente o mercado conta com diversos fabricantes de componentes e sistemas hidráulicos os quais disponibilizam uma ampla literatura com recomendações de projeto e seleção de componentes. Projetos especiais podem resultar em um alto investimento financeiro, quando diferentes componentes são exigidos.

Um sistema hidráulico é um conjunto de elementos físicos convenientemente associados que, utilizando um fluido como meio de transferência de energia, permite a transmissão e controle de forças e movimentos (LINSINGEN, 2003). Assim, o sistema hidráulico pode ser considerado “o meio através do qual uma forma de energia de entrada é convertida e condicionada, de modo a se ter como saída energia mecânica útil” (LINSINGEN, 2003), basicamente, na forma de torque, no caso de motores hidráulicos e força, no caso de atuadores lineares.

Segundo Esposito (2000), sistemas hidráulicos requerem seis elementos básicos: um ou mais *reservatórios*, para armazenar fluido; uma ou mais *bombas*, para prover vazão de fluido ao sistema; uma *fonte de energia*, como um motor elétrico, para acionar a bomba; *válvulas*, para controle energético do fluido, direção, pressão e vazão; um ou mais *atuadores*, para converter energia associada ao fluido em energia mecânica; e um *sistema de canalização*, para conduzir o fluido de um lugar a outro.

1.2 Antecedentes

Em trabalhos anteriores desenvolvidos na UNIJUÍ foram realizados estudos relacionados com a seleção e projeto de reservatórios para unidades de potência hidráulica. Este ma-

terial serve de base para este estudo, levando em conta as informações disponíveis sobre as características e recomendações de projeto para unidades de potência hidráulica.

Caletti (2003) desenvolveu um protótipo de sistema baseado no conhecimento voltado ao projeto de unidades de potência hidráulica de sistemas industriais, com o objetivo de sistematizar e disponibilizar computacionalmente parte do conhecimento deste domínio específico, por meio de um sistema especialista criado a partir de regras definidas para o projeto de unidades de potência hidráulica.

Bremm (2008) realizou estudo sobre características e recomendações de projeto dos reservatórios de unidades de potência hidráulica, utilizados nos mais diversos sistemas, para a aplicação no desenvolvimento de um reservatório para uma bancada de testes de acionamentos hidráulicos proporcionais.

Heck (2008) desenvolveu o projeto detalhado e construiu um protótipo de uma bancada de testes de acionamentos hidráulicos proporcionais, com o objetivo de possibilitar a realização de estudos sobre as características dinâmicas dos atuadores hidráulicos, tais como o atrito nas vedações do atuador, a identificação da não linearidade de zona morta na válvula proporcional, e o forte acoplamento entre as dinâmicas não lineares do atuador hidráulico.

1.3 Estudo da Arte das unidades de potência e condicionamento hidráulico

Na história da humanidade o emprego de um fluido como gerador de força e como meio transmissor de energia para a realização de um trabalho remonta há milhares de anos, mesmo antes da história escrita, e considera-se como marco inicial do uso da potência fluida a roda d'água.

O emprego de fluidos sobre pressão como meio transmissor de potência e como meio de realização de movimentos complexos é relativamente recente, sendo que só encontrou um maior desenvolvimento após a primeira guerra mundial. Por sua segurança e funcionalidade a hidráulica atende aplicações severas e variadas, desde um equipamento simples como uma prensa, até grandes equipamentos industriais, rodoviários, de construção civil, agrícolas, de mineração e aviação.

Os sistemas hidráulicos podem ser divididos em dois grandes grupos:

- Hidráulica industrial, ou estacionária, utiliza principalmente válvulas solenoides para acionamento facilitando a automação de processos produtivos. Neste caso os equipamentos permanecem fixados em uma posição;

- Hidráulica móbil, ou móvel, geralmente os acionamentos são manuais, tem grande aplicação nos segmentos da construção civil, movimentação de cargas, maquinas ou equipamentos agrícola-florestais e máquinas rodoviárias;

Todos os sistemas hidráulicos estão sujeitos a perder suas condições normais de trabalho devido ao tempo de uso, dimensionamento incorreto, má operação, contaminação do sistema e manutenção inadequada ou inexistente.

O bom desempenho das funções de um sistema hidráulico depende diretamente da manutenção dos componentes do sistema. Somente com a utilização da manutenção preventiva é possível prolongar a vida útil dos componentes e reduzir desperdícios, evitando interrupções da produção, perda de produtividade, consumo elevado de energia, reposição desnecessária de componentes e reposição de fluidos.

De acordo com Pinto e Xavier (2001) a manutenção é definida na concepção industrial como sendo a atividade de fazer com que o patrimônio físico da empresa, seja mantido de forma a assegurar sua funcionalidade operacional.

No mercado grandes empresas do ramo da hidráulica disponibilizam ao consumidor unidades hidráulicas completas ou componentes para a sua construção. A utilização de unidades hidráulicas padronizadas, produzidas em série, é uma boa opção para economia em projetos uma vez que projetos específicos e complexos exigem um alto investimento financeiro.

Os fabricantes disponibilizam unidades hidráulicas de vários formatos e tamanhos, conforme a aplicação do cliente. A capacidade e tipo de reservatório, a potência de acionamento, válvulas de controle e demais acessórios devem ser selecionados de acordo com a necessidade do projeto levando em conta as recomendações do fabricante dos componentes.

A figura 1 mostra um exemplo de unidade de potência hidráulica de pequeno porte disponível comercialmente que pode ser aplicada em equipamentos que requerem baixa vazão e que possuem espaço reduzido para instalação. Neste tipo de unidade de potência os componentes possuem dimensões reduzidas e são montados na parte interna do reservatório.

Figura 1 - Unidade hidráulica de pequeno porte Série 108 (PARKER)

Projetos mais sofisticados de unidades de potência podem ser equipados com bombas de deslocamento variável que possuem uma maior economia de energia do que aquelas equipadas com bombas de deslocamento fixo. Fabricantes investem em acessórios para reduzir o consumo de energia, disponibilizando unidades hidráulicas que utilizam inversores de frequência para controlar a rotação do motor. Esta inovadora configuração resolve o problema de perdas de eficiência sofridas pelos motores de indução operando com cargas leves e garante economia significativa de energia. O controle de freqüência de rotação é eficaz para reduzir as perdas de potência através da detecção de uma pressão de carga com um sensor de pressão e mantendo a rotação do motor em um nível ótimo necessário para manter a pressão.

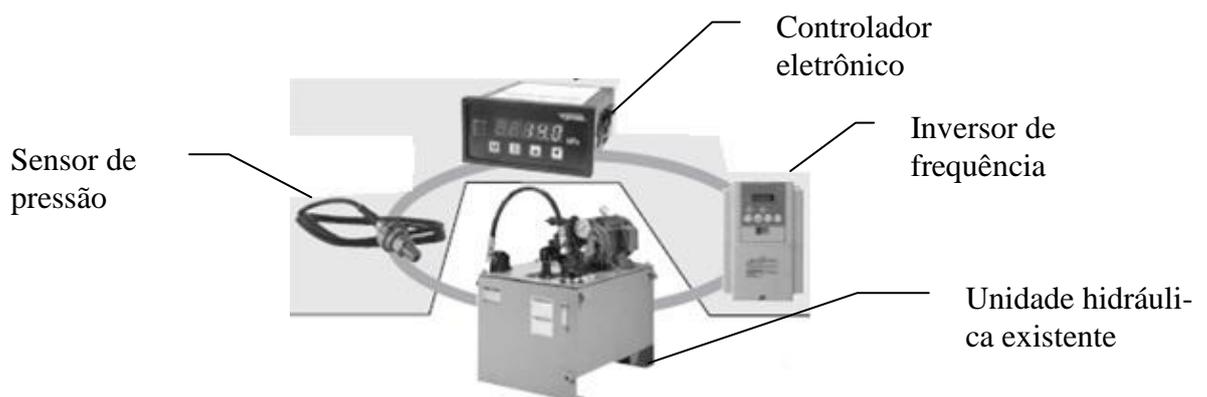



Figura 2 - Sistema de Controle de economia de energia para unidades hidráulicas (YUKEN)

Projetos simplificados de unidades de potência hidráulica utilizam o espaço superior da tampa do reservatório para fixação dos demais componentes, tais como: motor, válvulas, manômetro, etc. Diversas formas de montagem do conjunto motor bomba são disponibilizadas e devem ser selecionadas de acordo com a necessidade do projeto. Na figura 3 é mostrado um exemplo de unidade de potência com componentes montados sobre a tampa, inclusive a

bomba hidráulica. Esta forma de montagem é muito utilizada quando é necessário fácil acesso aos componentes para manutenção.

Figura 3 - Unidade de potência com motor sobre a tampa e bomba externa (PARKER).

A figura 4 mostra uma unidade de potência com motor montado perpendicularmente a tampa. Neste caso a bomba hidráulica esta posicionada no interior do reservatório, disponibilizando maior espaço para instalação de componentes sobre a tampa.

Figura 4 - Unidade de potência com bomba interna afogada (PARKER)

A figura 5 mostra uma unidade de potência com motor elétrico e bomba hidráulica posicionados na lateral abaixo da tampa do reservatório. Esta montagem requer um espaço maior para a instalação do equipamento, mas, além de manter a bomba afogada, proporciona fácil acesso a manutenção.

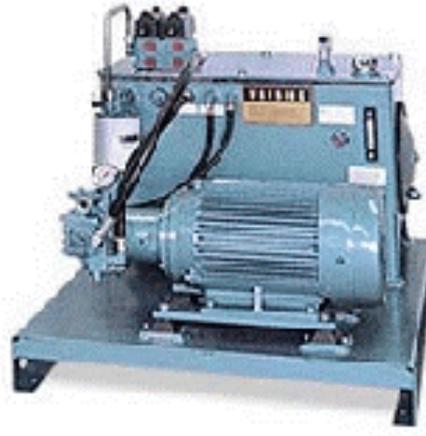



Figura 5 - Unidade de potência com bomba externa afogada

1.4 Objetivo, metodologia e organização do trabalho

O presente trabalho de conclusão de curso tem por objetivo realizar o desenvolvimento e construção de uma unidade de potência e condicionamento hidráulico para a utilização no NIMASS da UNIJUÍ Campus Panambi, como uma importante ferramenta para a realização de testes e simulações utilizando acionamentos hidráulicos.

A realização deste trabalho utilizou as seguintes metodologias:

- Identificação do problema: estudo de caso junto ao NIMASS;
- Revisão bibliográfica: pesquisa de antecedentes e estados da arte para Unidades de Potência e Condicionamento Hidráulico;
- Projeto detalhado: definição de formas, medidas, especificações de materiais e processos de fabricação utilizando softwares de desenho e planilhas de cálculo;
- Construção protótipo: fabricação de peças utilizando máquinas-ferramenta para corte, usinagem, pintura e soldagem;
- Operação e testes: o equipamento é submetido a testes, onde são simulados rotinas de funcionamento, analisando seu desempenho, verificando a segurança e propondo mudanças no projeto para aperfeiçoar e melhorar seu desempenho.

O trabalho é dividido em quatro capítulos, sendo que no primeiro capitulo é apresentado o tema e as generalidades envolvendo o assunto proposto. No segundo capitulo é apresentado o projeto preliminar e detalhado da unidade de potência hidráulica, descrevendo os crité-

rios utilizados para o dimensionamento dos componentes mecânicos, circuito hidráulico, acessórios e circuito elétrico. No terceiro capitulo é descrita a construção e montagem do protótipo, passo a passo, apresentando os processos utilizados e os resultados obtidos. Finalmente no quarto capitulo está apresentado às recomendações de operação e manutenção da bancada, e os testes realizados antes da entrega do equipamento ao NIMASS. Por fim, são apresentadas as conclusões e considerações finais do trabalho de conclusão de curso.

2 PROJETO PRELIMINAR E DETALHADO DA UNIDADE DE POTÊNCIA E CONDICIONAMENTO HIDRÁULICO

2.1 Introdução

Neste capitulo é apresentado o projeto preliminar com os requisitos mínimos para a construção da unidade de potência e condicionamento hidráulico, apresentação do circuito hidráulico com o trocador de calor, apresentação do circuito elétrico e detalhamento do reservatório e seus assessórios.

2.2 Requisitos, cálculos gerais e recomendações de projeto

A definição dos requisitos mínimos para a construção da unidade de potência e condicionamento hidráulico foi baseada em estudos anteriores realizados nesta instituição com o objetivo de atender a demanda do NIMASS.

Para as unidades de potência hidráulica, a abordagem sobre projeto na literatura especializada (como LINSINGEN, 2003 e TRINKEL, 1996) é feita, principalmente, pela seleção e dimensionamento de cada um dos componentes que compõem este circuito. Mostra-se o funcionamento de cada elemento e de alguns sistemas hidráulicos existentes e são fornecidas algumas orientações e recomendações para a escolha do componente de acordo com os requisitos que se deseja para o sistema hidráulico bem como, algumas equações para o seu dimensionamento. A apresentação de cada componente, individualmente, é importante para o ensino além de servir para oferecer boas indicações de projeto, entretanto, entende-se que é necessário tratar o projeto da unidade de potência hidráulica como um circuito, uma vez que os seus componentes estão inter-relacionados e a seleção e o dimensionamento dependem diretamente destas relações.

Para o projeto podem ser escolhidas sequências, como a apresentada a seguir de acordo com (SILVA, 1998):

1. Definição geral do circuito, incluindo requisitos de carga, para definir a necessidade de diferentes circuitos;
2. Determinação das condições ambientais e operacionais, incluindo tolerâncias para tipos de erros (posição, velocidade e força) e para faixas de eficiência;
3. Definição da pressão máxima necessária, baseada em guias de projeto;

4. Determinação do sistema completo e seus circuitos;
5. Seleção e dimensionamento do(s) atuadores(s);
6. Seleção e dimensionamento da unidade de potência hidráulica, incluindo faixa de filtração;
7. Dimensionamento das válvulas, tubulações, reservatórios e sistemas de filtração;
8. Seleção do fluido;
9. Plano de manutenção.

Para este projeto foram mantidas as dimensões principais do reservatório hidráulico sugerido por Bremm (2008) e o circuito hidráulico dimensionado de acordo com os requisitos do NIMASS.

Na figura 6 pode ser visualizada a concepção inicial da unidade de potência com as respectivas dimensões principais.

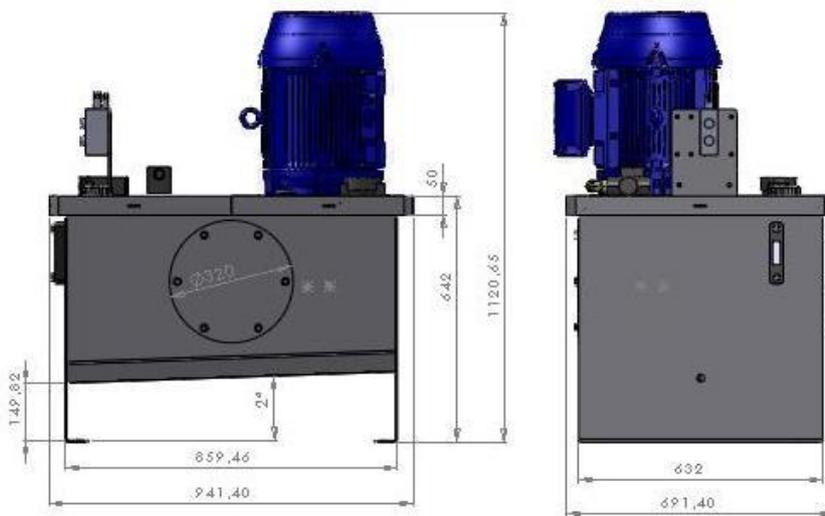



Figura 6 - Concepção inicial da unidade de potência e condicionamento hidráulico.

O projeto desta unidade de potência e condicionamento hidráulico se baseia nas seguintes especificações técnicas, requeridas pelo NIMASS:

1. Reservatório de no mínimo 180 litros;
2. Vazão máxima de 50 litros por minuto;
3. Acionamento por motor elétrico com potência de 20 cv;
4. Pressão máxima de 140 bar;

5. Trocador de calor a ar (tipo cooler com ventilador);
6. Válvula direcional com uma seção de dupla ação e acionamento manual com detente;
7. Válvula limitadora de pressão com ajuste manual;
8. Válvula divisora de fluxo com compensação de pressão e ajuste manual;
9. Filtro de sucção;
10. Filtro de retorno;
11. Bocal de abastecimento com filtro de ar;
12. Visor de nível;
13. Janela de inspeção;
14. Sistema de controle da temperatura do fluido;
15. Sistema elétrico de partida e segurança compatíveis com a demanda do conjunto de acionamento.

2.3 Especificação e desenho dos componentes hidráulicos

O projeto do sistema hidráulico deve prever, no mínimo, que a unidade de potência hidráulica tenha componentes para fazer a conversão primária de energia mecânica em energia associada ao fluido, visando promover segurança em caso de crescimento elevado da pressão no sistema e para armazenar o fluido de trabalho mantendo-o em condições adequadas de temperatura e nível de contaminação (CALETTI, 2003).

2.3.1 Vazão teórica

No presente trabalho o circuito hidráulico é composto por uma bomba hidráulica Bosch Rexroth, de engrenagens, com deslocamento fixo de 28 cm³/revolução, acionada por um motor elétrico trifásico de quatro polos e com frequência de rotação de 1775 rpm, mostrado na figura 7. A vazão que o conjunto gera para o circuito pode ser calculada utilizando a equação (1),

$$Q = (d \times n) / 1000 \qquad (1)$$

onde, Q é a vazão em [lpm], d é o deslocamento volumétrico da bomba em [cm³/rev] e n é a frequência de rotação do motor elétrico em [rpm].

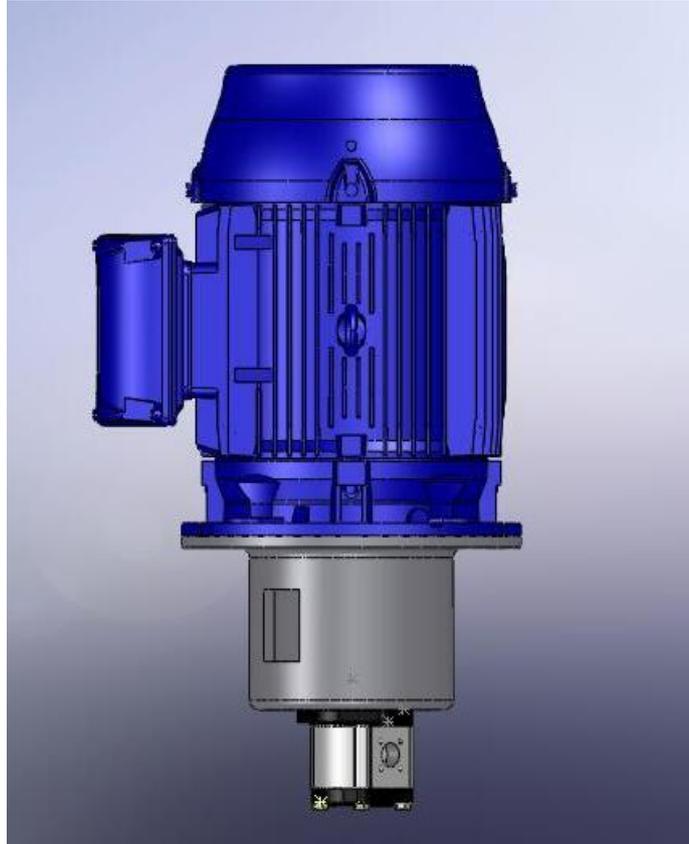



Figura 7 - Conjunto motor bomba

2.3.2 Pressão máxima teórica

Para este conjunto de bombeamento temos uma vazão teórica de 49,7 litros por minuto, que atende os requisitos de projeto, e que permite o dimensionamento dos demais componentes do circuito.

Sabendo que a potência de acionamento é de 20 cv e que a vazão é de 49,7 [lpm], podemos determinar, teoricamente, a pressão máxima de trabalho do circuito aplicando a equação (2),

$$P_{máxima} = (426 \times P_{motor}) / Q \qquad (2)$$

Onde, $P_{máxima}$ é a pressão máxima do circuito em [bar], Q é a vazão em [lpm] e P_{motor} é a potência do motor elétrico em [cv].

Aplicando os dados do projeto na equação (2) tem-se o resultado de 171 [bar], que é a pressão máxima teórica do circuito hidráulico.

2.3.3 Tubulações

O dimensionamento das tubulações do circuito segue regras e recomendações de fabricantes para evitar perdas de carga, geração de calor e a formação de ar no reservatório, evitando uma possível cavitação na bomba hidráulica.

Segundo a literatura da Parker (2003) as seguintes recomendações para o dimensionamento das tubulações do circuito devem ser seguidas:

- Velocidade máxima de sucção: velocidades altas geram uma alimentação deficiente e criam a possibilidade da ocorrência da cavitação.
  - Óleos a base de petróleo: 2,5 [m/s]
  - Fluidos resistentes ao fogo HFB e HFC: 1,5 [m/s]
- Velocidade máxima de pressão:
  - Óleos a base de petróleo: 6,0 [m/s]
  - Fluidos resistentes ao fogo HFB e HFC: 4,0 [m/s]
- Velocidade máxima de retorno:
  - Óleos a base de petróleo: 3,0 [m/s]
  - Fluidos resistentes ao fogo HFB e HFC: 3,0 [m/s]

É recomendado observar as velocidades para as linhas de pressão e de retorno porque velocidades superiores causam maior perda de carga, aumentam a pressão na bomba, gerando calor, desperdiça-se energia e reduz-se a vida útil dos componentes.

Para o cálculo do diâmetro interno das tubulações utiliza-se a equação (3),

$$\varnothing = \sqrt{(400/18,85) \times (Q/v)} \quad (3)$$

Onde, $\varnothing$ é o diâmetro interno da tubulação em [mm], Q é a vazão do circuito em [lpm] e v é a velocidade máxima recomendada em [m/s].

O fluido a ser utilizado neste sistema é do tipo mineral, derivado do petróleo. Desse modo conhecendo-se a vazão da bomba e observando as velocidades recomendadas para cada linha do sistema pode-se dimensionar o diâmetro interno das tubulações aplicando a equação (3), obtendo-se os seguintes resultados:

- Linha de sucção: v = 2,5 [m/s], diâmetro mínimo de 21 mm. Pode se utilizar o tubo de 25 mm com parede de 2 mm, disponível comercialmente, que atende a aplicação.
- Linha de pressão: v = 6,0 [m/s], diâmetro mínimo de 13 mm. Pode se utilizar o tubo de 16 mm com parede de 1,5 mm, disponível comercialmente, que atende a aplicação.
- Linha de retorno: v = 3,0 [m/s], diâmetro mínimo de 18,5 mm. Pode se utilizar o tubo de 22 mm com parede de 1,5 mm, disponível comercialmente, que atende a aplicação.

As tubulações e alguns componentes de ligação são mostrados na figura 8.

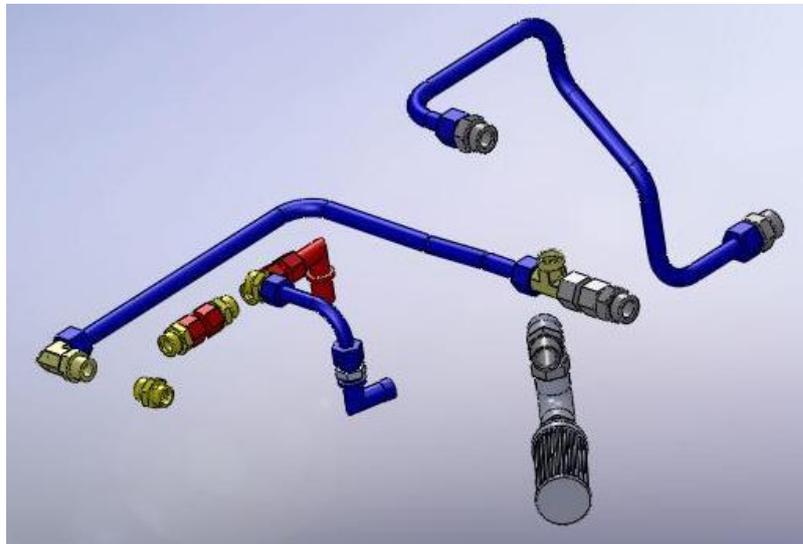



Figura 8 - Tubulações da unidade de potência e condicionamento hidráulico

2.3.4 Válvula direcional e de controle de pressão

No projeto foram utilizadas duas válvulas de controle de pressão, a válvula principal, mostrada na figura 9, é ligada diretamente na linha de pressão da bomba hidráulica com descarga a tanque e outra incorporada no corpo da válvula direcional com possibilidade de ajuste manual.

A primeira válvula de controle de pressão deve ser regulada com a pressão máxima permitida no circuito e não deve sofrer modificações por parte do operador. A segunda válvu-

la permite ao operador ajustar a pressão necessária para o trabalho com diferentes equipamentos.

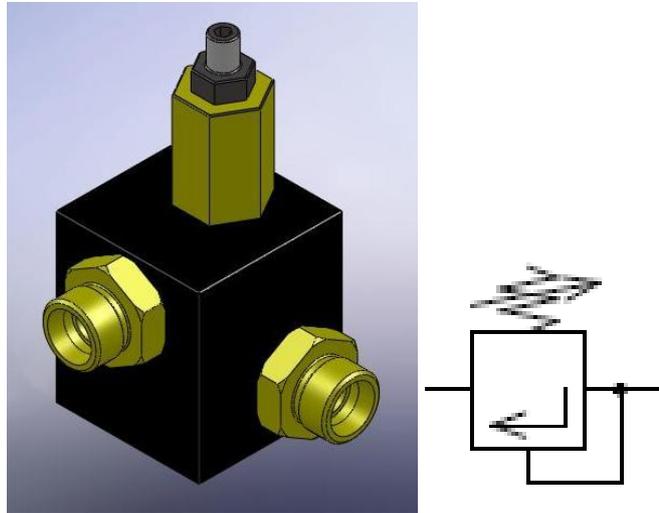



Figura 9 - Válvula de controle de pressão principal e simbologia

A válvula direcional possui uma seção de dupla ação, acionada manualmente e com detente nos dois sentidos, o que possibilita manter a válvula acionada durante o uso. No mesmo corpo desta válvula esta montada a segunda válvula de controle de pressão, com ajuste manual. As válvulas de pressão primária e direcional foram fabricadas pela Sauer Danfoss, sendo que o corpo da válvula direcional é do tipo seccionado, o que permitirá no futuro uma ampliação no número de seções. Esta válvula é mostrada na figura 10.

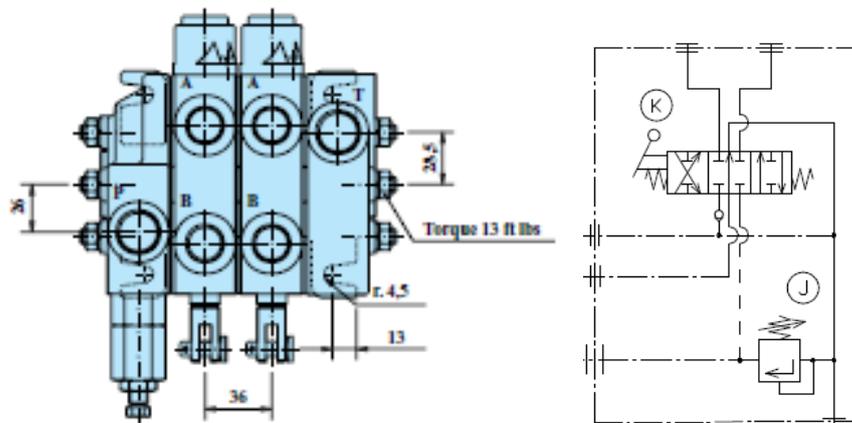



Figura 10 - Válvula direcional com válvula de pressão incorporada e simbologia

2.3.5 Válvula de controle de fluxo

Para o controle de fluxo do óleo foi utilizado uma válvula divisora com compensação de pressão e ajuste manual, do fabricante Brand Hydraulics, que proporciona um ajuste fino da vazão desejada na saída da válvula direcional. A seleção foi feita a partir do catalogo do fabricante que reúne informações sobre capacidade volumétrica e curvas de desempenho (em anexo).

Para este projeto foi selecionado uma válvula modelo FC51- 12, mostrada na figura 11 que pode trabalhar com uma vazão máxima de 113 litros por minuto.

Trata-se de uma valvula de três vias, onde o somatório do fluxo das portas CF (fluxo controlado) e EX (fluxo excedente) é igual ao fluxo de entrada, e o fluxo de saída é suave e constante, independentemente da pressão sobre FC ou EX.

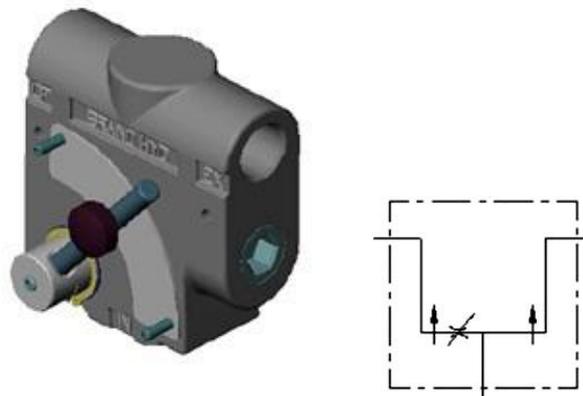



Figura 11 - Válvula reguladora de vazão com pressão compensada e simbologia

2.3.6 Filtro de sucção e filtro de retorno

A filtragem do sistema é fundamental para garantir um bom desempenho das funções do equipamento e uma maior vida útil dos componentes.

De acordo com informações obtidas do catalogo da PARKER (2010), estatisticamente, foi provado que mais de 80 % das falhas ocorridas em sistemas hidráulicos são provenientes da presença de contaminantes além dos limites permissíveis. Portanto, a contaminação pode ser considerada um grande inimigo dos sistemas hidráulicos.

Os principais efeitos da contaminação no sistema hidráulico são:

- Perda de produção

- Custo de reposição de componentes
- Trocas constantes de fluido
- Custo no descarte do fluido
- Aumento geral dos custos de manutenção

Para minimizar estes efeitos, dois filtros foram dispostos no circuito da unidade de potência e condicionamento hidráulico. O primeiro é um filtro de sucção em tela metálica, mostrado na figura 12, que propicia a primeira proteção para a bomba hidráulica, retendo grandes partículas como cavacos, cascas de solda ou tinta, plásticos granulados, porcas, parafusos, e etc., que poderiam provocar a quebra violenta da mesma. O filtro de sucção selecionado foi o FTS 80, da fabricante HDA, o qual suporta uma vazão máxima de 90 litros por minuto e possui meio filtrante em tela de aço inoxidável de 149µm.

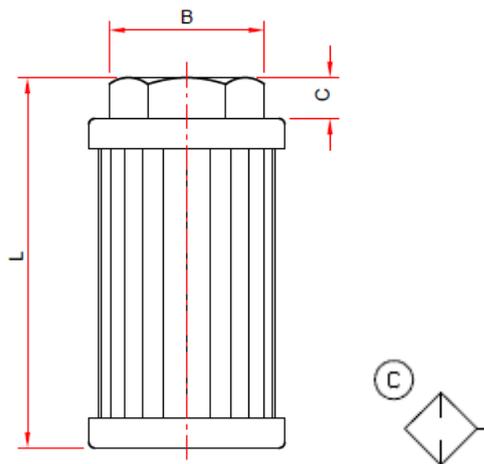



Figura 12 - Filtro de sucção (HDA) e simbologia

O segundo é um filtro de retorno, mostrado na figura 13, com maior capacidade de filtragem, que tem por função impedir que as partículas que penetram pela vedação das hastes de cilindros e as geradas pelo sistema retornem até o reservatório e entrem novamente em circulação. Foi selecionado o filtro FRT 60, do fabricante HDA, que é projetado para ser montado sobre a tampa de reservatórios. Este filtro utiliza meio Filtrante absoluto em microfibras inorgânicas com capacidade de filtragem de 10µm.

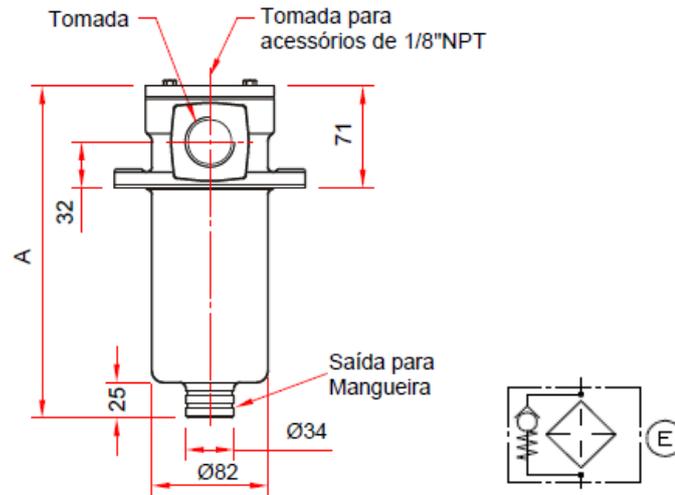



Figura 13 - Filtro de retorno (HDA) e simbologia

2.3.7 Trocador de calor

Com o objetivo de manter as boas condições do fluido hidráulico no sistema foi incluído no projeto um trocador de calor do tipo radiador, com resfriamento a ar, mostrado na figura 14. O ventilador deste sistema possui um motor elétrico trifásico que é acionado por um controlador eletrônico que recebe um sinal proporcional à temperatura do fluido. No controlador o operador define qual a temperatura ideal para o fluido e quando houver uma leitura de temperatura maior que a desejada o ventilador será acionado até que esta temperatura diminua.

Figura 14 - Trocador de calor tipo radiador resfriado a ar e simbologia

O local de instalação do trocador de calor deve ser escolhido de modo a não interferir no fluxo do ar tanto na entrada como na saída do ventilador. No projeto ele esta disposto so-

bre a tampa do reservatório sem interferir no funcionamento dos demais componentes. O modelo selecionado para o projeto foi o AKG T 1,5, do fabricante Apema, que pode trabalhar com uma vazão máxima de 80 litros por minuto, pressão máxima de 26 bar e tem capacidade de resfriamento de até 6 KW.

2.3.8 Fluido Hidráulico

De acordo com o livro texto da Festo (2001), o fluido utilizado em instalações hidráulicas deve executar as mais variadas funções, tais como:

- Transferência de pressão;
- Lubrificação de partes móveis dos equipamentos;
- Resfriamento, como por exemplo, o desvio do calor produzido pelas perdas de energia;
- Amortecimento de oscilações;
- Proteção contra corrosão;
- Remoção de desgaste;
- Transmissão de sinal;

Um bom fluido hidráulico deve possuir as seguintes características em condições de operação relevantes:

- Densidade o mais baixo possível;
- Mínima compressibilidade;
- Viscosidade não muito baixa (filme lubrificante);
- Boas características viscosidade-temperatura;
- Boas características viscosidade-pressão;
- Boa estabilidade prolongada;
- Baixa inflamabilidade;
- Boa compatibilidade de material;

Além disso, óleos hidráulicos devem completar os seguintes requerimentos:

- Não reter ar;
- Não espumante;
- Resistência ao frio;

- Uso e proteção contra a corrosão;
- Separador de água;

Neste projeto foi selecionado o fluido hidráulico AW 68 do fabricante Móbil. Este é um lubrificante de alto desempenho utilizado em equipamentos das linhas móbil, industrial e naqueles que exigem lubrificantes com aditivos antidesgaste tipo AW. Este fluido apresenta boa resistência à oxidação, corrosão e a formação de espuma, além de permitir a rápida separação da água.

2.4 Diagrama hidráulico

Esta seção apresenta através da figura 15 o circuito hidráulico, na forma de um diagrama hidráulico e faz uma breve descrição do seu funcionamento.

O fluido hidráulico é armazenado no reservatório (D) com capacidade de 180 litros, e passa pelo filtro de sucção (C) até chegar à bomba hidráulica(B). O conjunto motor elétrico (A) e bomba (B) foram projetados para fornecer ao circuito uma vazão máxima de 49 litros por minuto e suportar uma pressão máxima de 173 bar. Da bomba hidráulica o circuito segue até a ligação com a válvula de controle de pressão (G) que esta ajustada com a pressão máxima recomendada para o circuito. Após o fluido passa pela válvula divisora (H), que, quando totalmente fechada desvia todo suprimento de óleo para a linha de retorno, passando pelo trocador de calor (F), filtro de retorno (E) e retornando ao reservatório (D).

Por outro lado, quando a divisora (H) é parcial ou totalmente aberta o fluido é direcionado para a válvula direcional (K) que possui centro fechado e é acionada manualmente por alavanca, podendo suas tomadas A e B serem conectadas aos equipamentos do laboratório. A pressão do sistema pode ser ajustada através do manipulo da válvula de controle de pressão (J) incorporada na válvula direcional.

Na linha de pressão entre a divisora de fluxo (H) e a válvula de controle de pressão (J) está instalado um manômetro (I) para a leitura da pressão no circuito. No reservatório (D) estão instalados alguns assessórios como o visor de nível (L) com indicador de temperatura (M) incorporado.

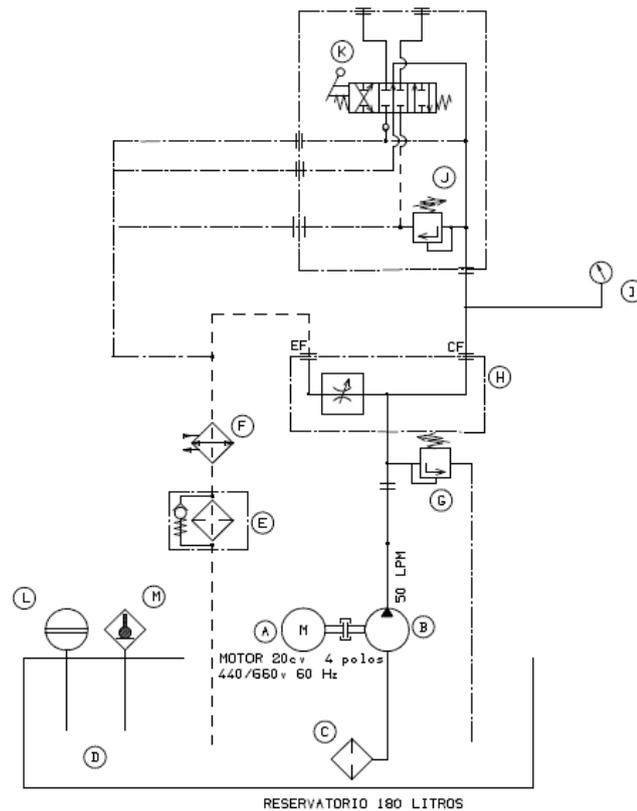



Figura 15 – Representação do circuito hidráulico

2.5 Especificação e desenho do reservatório e assessórios

O emprego primário do reservatório, mostrado na figura 16, é no armazenamento do fluido utilizado no sistema hidráulico dimensionado de acordo com a necessidade para a aplicação. Outras funções deste componente são: dissipação de calor gerado no sistema hidráulico, separar o ar, água e materiais sólidos o fluido e, em alguns casos, suporte da bomba, motor de acionamento e outros componentes de controle e segurança. Os aspectos construtivos para a realização destas funções incluem chicanas, drenos, filtros de ar, ímãs e fundos inclinados, devendo ser seguidas algumas recomendações de posicionamento destes componentes, como não localizar o duto de sucção próximo ao duto de retorno e não localizar o duto de retorno acima do nível do fluido.

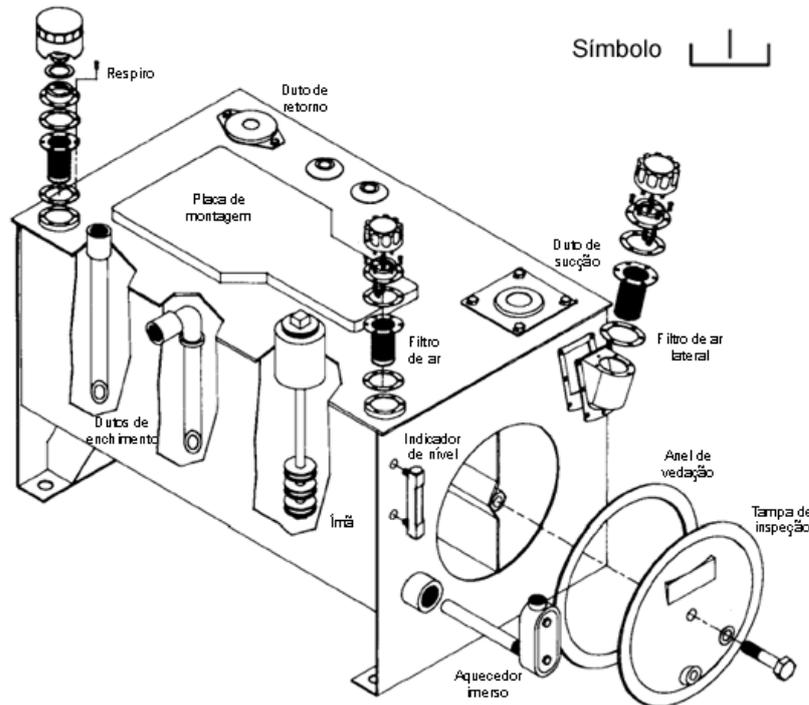



Figura 16 - Reservatório retangular e seus assessórios (CALETTI, 2003)

Com a vazão máxima do circuito definida, calcula-se o volume do reservatório da unidade de potência hidráulica.

Götz (1991) recomenda que o volume do reservatório seja de três a cinco vezes a vazão de óleo do circuito para instalações estacionárias, e uma vez a vazão para instalações móveis. As recomendações sugerem um volume adequado para permitir que o fluido permaneça no reservatório entre os ciclos de trabalho para a dissipação de calor e decantação de partículas contaminantes. Desta forma, obtemos o volume necessário do reservatório de óleo.

$$V_r = 3 \times Q \qquad (4)$$

Onde, V_r é o volume do reservatório em [l] e Q é a vazão do circuito em [lpm].

Um reservatório de 150 litros atenderia as recomendações de projeto, mas devido às especificações iniciais fornecidas pelo NIMASS foi mantida a capacidade de 180 litros.

Neste trabalho o reservatório foi projetado com o fundo em formato diferenciado, do tipo em “V”. Este reservatório foi disposto de forma inclinada para facilitar a decantação de contaminantes, conforme ilustra a figura 17.

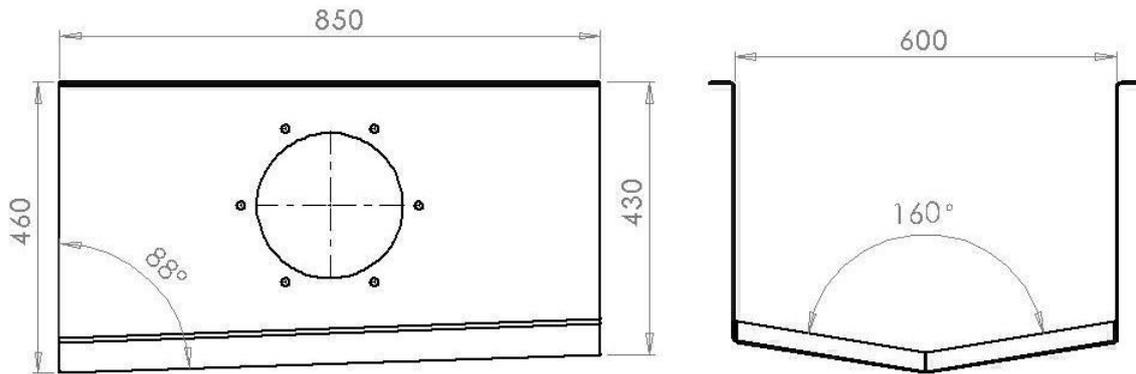



Figura 17 - Fundo reservatório unidade de potência

Com as dimensões principais do reservatório podemos calcular o volume total do reservatório, utilizando a equação (5).

$$V_r = c \times l \times h \times 1000 \qquad (5)$$

Onde V_r é o volume do reservatório em [l], C é o comprimento em [m], l é a largura em [m] e h é a altura em [m].

Desta forma tem-se um volume total de 220 litros, o qual atende as especificações do projeto. Com o abastecimento de 180 litros, o visor de nível estará na sua condição normal. Seu formato retangular é de fácil construção com laterais soldadas e tampa removível onde são fixados os componentes do circuito, inclusive o trocador de calor.

O reservatório conta com chicana, mostrada na figura 18, para aumentar a área de troca de calor e forçar a circulação do óleo por todo o contorno do reservatório, aumentando o percurso entre o retorno do óleo e a sucção da bomba. O aumento da distância entre a linha de retorno a sucção facilita o processo de decantação de partículas contaminantes e separação do ar do fluido. Duas janelas de inspeção dispostas na lateral facilitam o acesso a componentes internos para manutenção. Um bujão de dreno instalado na parte mais baixa do interior do reservatório auxilia na remoção do fluido para manutenção ou substituição. O bujão de drenagem é magnético para atrair as partículas metálicas suspensas no fluido.

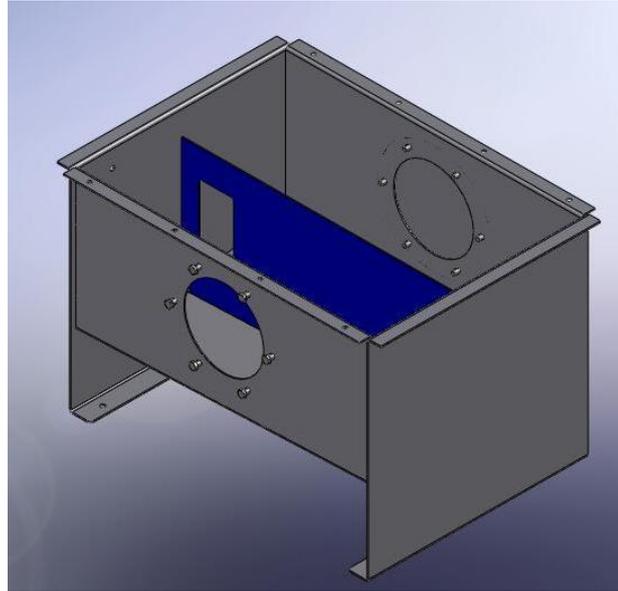



Figura 18 - Disposição da chicana e janelas de inspeção

A figura 19 mostra detalhes da borda da tampa, que devidamente vedada serve como bacia de contenção para possíveis vazamentos no circuito durante a ligação de componentes na tomadas.

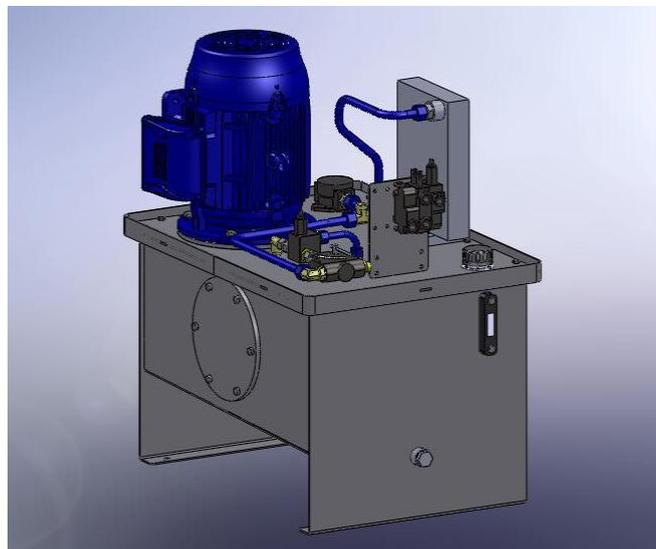



Figura 19 - Disposição dos componentes sobre a tampa do reservatório

Para possibilitar verificação do volume de óleo no reservatório foi considerada a instalação de um visor de nível externo com manômetro embutido conforme mostra a figura 20. A verificação do volume do óleo hidráulico no reservatório é necessária para evitar danos à

bomba hidráulica e vazamentos externos, provocados respectivamente por falta ou excesso de fluido.

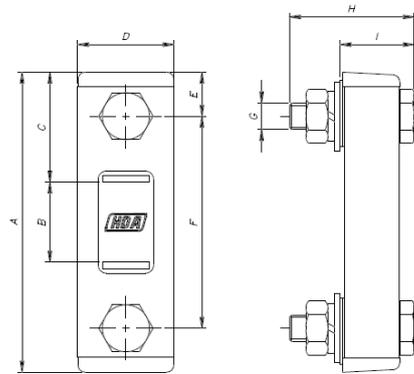



Figura 20 – Visor de nível (HDA)

Sobre a tampa do reservatório um filtro de ar, como o mostrado na figura 21, impede a entrada de contaminantes e ao mesmo tempo permite a entrada e saída livre do ar. Este mesmo filtro serve de bocal para abastecimento do fluido, possui tampa removível e sua filtragem é de $40\ \mu m$.

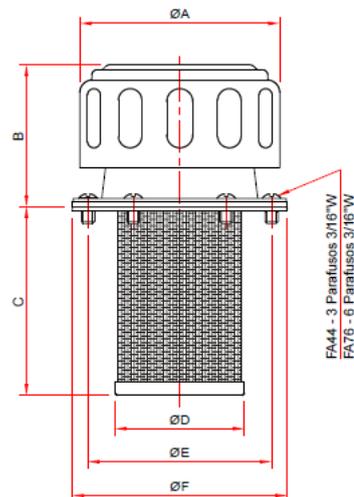



Figura 21 – Filtro de ar (HDA)

Para o acoplamento da bomba hidráulica ao motor elétrico, foi utilizado um flange de ligação modelo FLMB-14-300-B, do fabricante HDA conforme mostra a figura 22, para o dimensionamento deste componente é necessário conhecer o tipo de motor elétrico utilizado

na montagem, o tamanho da carcaça do motor e o tipo de flange de acoplamento da bomba hidráulica.

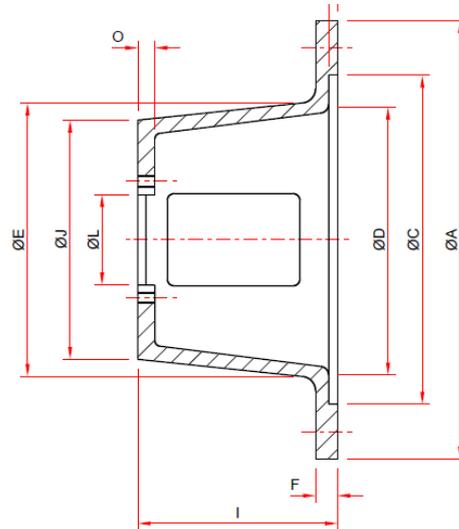



Figura 22 – Flange acoplamento motor bomba (HDA)

Na mesma montagem está posicionado o acoplamento elástico GS-97, conforme mostra a figura 23, do fabricante Dagross, que tem a função de transmitir o torque do motor elétrico para a bomba hidráulica. Para o dimensionamento deste componente foi observado às informações de catálogo do fabricante referentes ao diâmetro máximo do furo do acoplamento e do torque máximo suportado.

Figura 23 – Acoplamento elástico (Dagross)

2.6 Especificação e desenho do circuito elétrico

O desenvolvimento de circuitos elétricos pode parecer algo exclusivo do curso de Engenharia Elétrica, e de certa forma é verdade. Porém, deve se considerar que um engenheiro deve possuir um conhecimento amplo, visto às interligações que ocorrem comumente entre as diversas áreas da Engenharia. Um Engenheiro Mecânico dificilmente fará o dimensionamento e projeto elétrico de alguma grande indústria, por exemplo, nem é gabaritado para tal, mas a noção do que está ocorrendo pode auxiliá-lo de forma a garantir uma coerência no resultado final, que é constituído por resultados obtidos da participação de todos os envolvidos no projeto.

O desenvolvimento do quadro de comando da unidade de potência e condicionamento hidráulico contou com a participação da empresa Projessul Indústria Elétrica, situada no município de Três de Maio/RS. Esta empresa é especializada em instalações industriais, montagem de quadros de comando, montagem de subestações e demais serviços relacionados a instalações elétricas industriais.

Em quase todas as concessionárias de fornecimento de energia elétrica permite-se partida direta para motores de até 5 cv (3,72 kW), usualmente as industrias utilizam a partida direta para motores de até 10 cv(7,44 kW) .Entende-se por partida direta, a partida com a tensão de abastecimento. O grande inconveniente da partida direta é a alta corrente de partida dos motores elétricos, que em alguns casos pode ser seis vezes maior que a corrente nominal.

No projeto da unidade de potência e condicionamento hidráulico o motor utilizado é trifásico de 20 cv, e tem uma corrente nominal de 30,5 A. Para a partida deste motor será utilizado uma chave estrela triângulo automática. O botão de comando b1 aciona o contator estrela c2 e, ao mesmo tempo, o dispositivo de retardamento d1; o contato fechador de c2 atua sobre o contato de c1, fechando a bobina c1 do contator da rede. Assim o motor parte em estrela. Decorrido o tempo de retardamento, o contato abridor d1, opera e o contator estrela c2 é desligado. Quando o contato abridor de c2 abre, fecha o contator triângulo c3, pois o contato fechador de c1 já estava fechado quando c1 ligou. O motor opera em triângulo. Se quisermos parar o motor, aciona-se o botão b0, interrompendo o contator de rede c1. O contato fechador de c1 abre-se, o contator triângulo é desligado e o motor desliga.

O circuito de força é mostrado na figura 24.

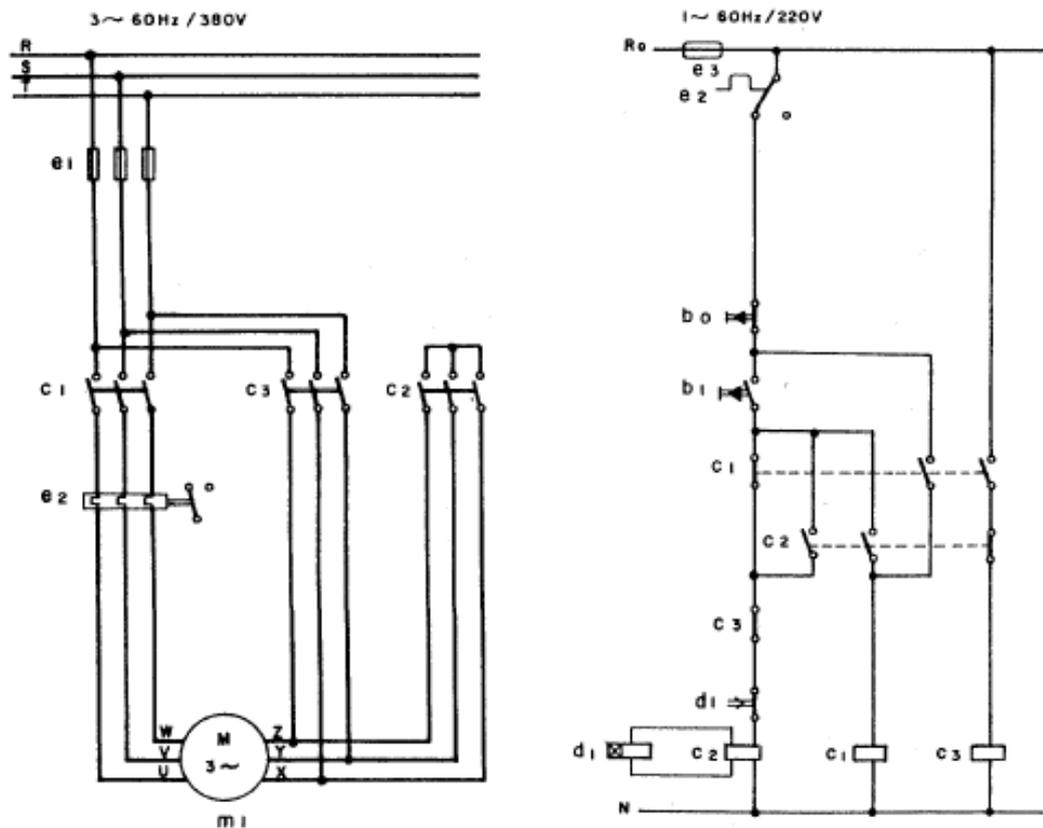



Figura 24 – Circuito de força e circuito de comando chave estrela triângulo

No quadro de comando esta instalado, paralelo ao circuito do motor principal, o circuito de acionamento do trocador de calor, que possui um ventilador com potência de 1/3cv. Neste circuito a partida do motor é direta, e o acionamento é feito através de um controlador eletrônico de temperatura TC4S, do fabricante Autonics, que recebe um sinal proporcional à temperatura no sensor instalado na base do trocador de calor. No controlador o operador ajusta a temperatura de trabalho desejada para o fluido, e, quando esta temperatura for atingida o ventilador é acionado. Quando houver uma defasagem de dois graus da temperatura desejada o controlador desliga o ventilador.

2.7 Discussões

Neste capitulo foram apresentadas as principais recomendações de projeto que devem ser seguidas para o projeto de unidades de potência e condicionamento hidráulico. Saber ava-

liar as recomendações de projeto é de grande importância na obtenção de sistemas eficientes que atendam as funções práticas.

A unidade de potência e condicionamento hidráulico foi projetada a partir das reais necessidades do NIMASS e devido a limitações financeiras para o projeto não foi possível o desenvolvimento de um sistema mais sofisticado utilizando, por exemplo, uma bomba de deslocamento variável com a tecnologia "load sensing" e válvulas com acionamento por solenoides.

Apesar da limitação financeira, o projeto superou os requisitos mínimos para a montagem do equipamento, selecionando componentes de alta qualidade, possibilitando o bom desempenho de suas funções.

3 CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DO PROTÓTIPO

3.1 Introdução

Este capítulo apresenta às fases de construção e montagem da unidade de potência e condicionamento hidráulico e sua estrutura mecânica. Neste capitulo, também é feito um breve comentário sobre os processos utilizados na construção dos componentes, do circuito hidráulico com o trocador de calor e o sistema elétrico.

3.2 Descrição da montagem do reservatório e estrutura mecânica

Conforme as especificações de projeto feitas no capitulo anterior foram construídos os componentes mecânicos da unidade de potência e condicionamento hidráulico observando as recomendações de projeto.

3.2.1 Reservatório

O reservatório, mostrado na figura 25, foi construído em chapa de aço SAE 1020, laminada a quente, sendo que as laterais direita e esquerda foram construídas na espessura de 5 mm, o fundo na espessura de 3 mm e as janelas de inspeção na espessura de 13 mm. Todos estes componentes foram confeccionados usando o processo de corte a laser controlado por CNC, dispensando-se a usinagem dos furos de fixação da tampa e das janelas de inspeção. Após o corte, as laterais e o fundo foram dobrados em uma dobradeira automática. O assento da vedação nas tampas das janelas de inspeção foi usinado no torno mecânico.

Figura 25 – Reservatório com janelas de inspeção

3.2.2 Tampa do reservatório

A tampa do reservatório, mostrada na figura 26, foi construída em chapa de espessura 5 mm, e o seu corte também foi feito em máquina de corte laser. Na tampa foram fixados os componentes de fixação para as válvulas e tubulação. As furações para o acoplamento do motor elétrico, do filtro de ar e do filtro de retorno foram feitas pelo processo de corte laser, bastando apenas à usinagem das roscas para fixação.

Figura 26 – Tampa reservatório com componentes de fixação

3.2.3 Chicana

A figura 27 mostra a chicana que funciona como uma parede separadora que auxilia na troca de calor do fluido e na decantação de partículas contaminantes aumentando a distância entre a linha de sucção da bomba e a linha de retorno. A chicana foi produzida por processo de corte laser na espessura de 3 mm. A chicana é removível, sendo posicionada no centro do reservatório através de guias soldadas nas paredes das laterais.

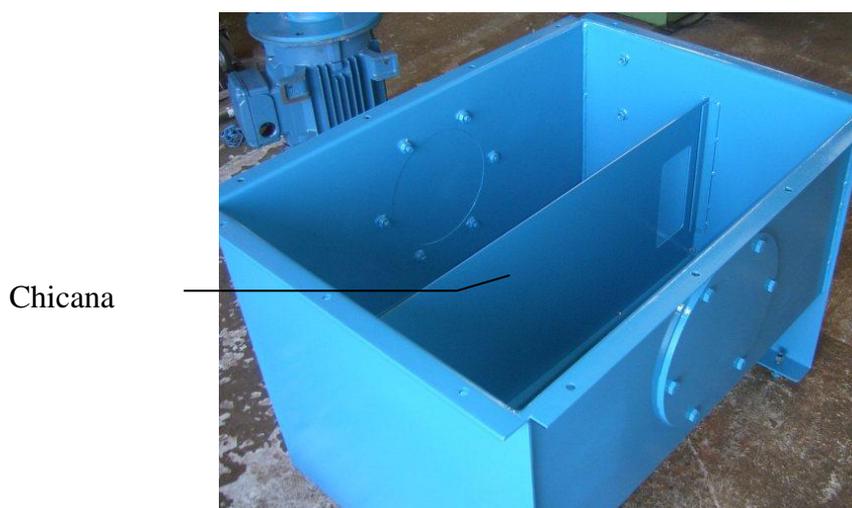



Figura 27 – Disposição da chicana

3.2.4 Bujão de dreno

A figura 28 mostra o bujão de drenagem, que está posicionado na parte mais baixa do fundo do reservatório para facilitar a remoção do fluido e partículas contaminantes. Ele foi soldado na parte externa da lateral esquerda.

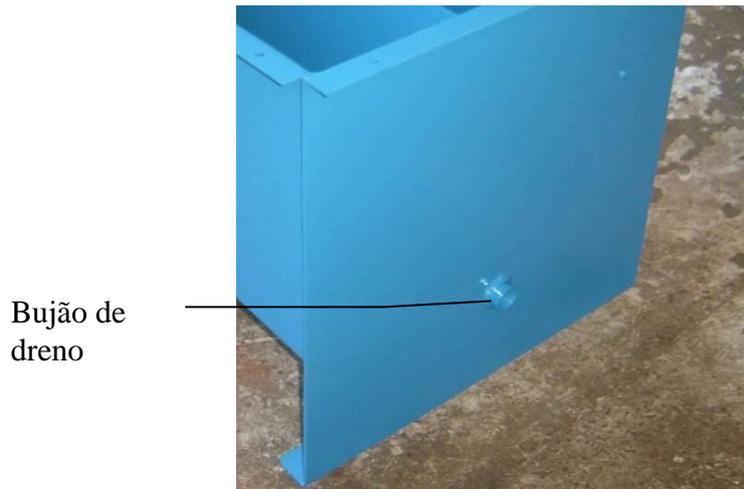



Figura 28 – Bujão de dreno

3.2.5 Soldagem dos componentes

Após a montagem alinhamento e travamento de todos os componentes do fundo e da tampa do reservatório foi feito o processo de soldagem. Para este processo o reservatório passou por processo de lavagem com desengraxante e decapagem química eliminando todos os resíduos da laminação da chapa para evitar falhas no cordão de solda.

Para a soldagem foi utilizado o sistema MIG/MAG, com arame tubular E71 T-1. Após este processo foi feito um exame visual para identificar as possíveis falhas no cordão de solda e posteriormente foi realizado um teste hidrostático com aguá. Detalhes deste processo são mostrados na figura 29.

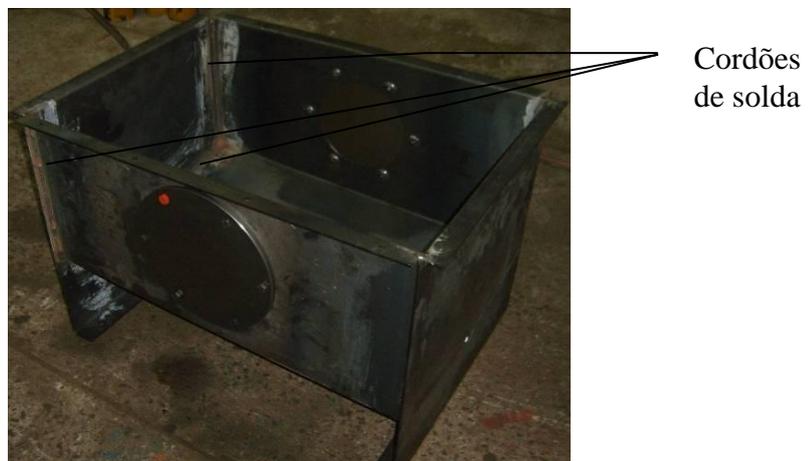



Figura 29 – Soldagem dos componentes

3.2.6 Pintura

Uma pintura de qualidade nos componentes do reservatório é fundamental para evitar contaminações futuras. O preparo da superfície para a pintura é mostrado na figura 30. Este procedimento tem como objetivo garantir a aderência da tinta ao metal, evitando desprendimento de partículas de tinta que podem contaminar o sistema. A escolha do material para pintura deve observar à temperatura e o tipo de fluido que será armazenado, para este caso a tinta escolhida para o acabamento do reservatório foi a epóxi acrílica de base anticorrosiva, que atende a necessidade de entrar em contato com o fluido e suporta temperaturas de até 120 °C.

A preparação para a pintura foi feita após a soldagem com o processo de jateamento com grãos finos. O jateamento remove todas as partículas contaminantes da chapa metálica, garantindo uma maior aderência e qualidade à pintura.

Figura 30 - Preparação para pintura

A figura 31 mostra o reservatório pintado, com as janelas de inspeção e a chicana montadas. Neste processo o controle da umidade e o tempo de cura da tinta são fundamentais para garantir uma ótima aderência da tinta ao metal.

Figura 31 – Pintura reservatório

A tampa do reservatório, após o processo de pintura, é mostrada na figura 32. Todas as furações necessárias para fixação dos componentes na tampa foram usinadas antes da pintura, da mesma forma que os componentes soldados.

Figura 32 – Pintura tampa reservatório

3.3 Sistema hidráulico

A montagem do circuito hidráulico atendeu todas as especificações do projeto detalhado. Para a ligação entre os componentes foram utilizados tubos de aço e mangueiras flexíveis. A figura 33 mostra os componentes internos montados sob a tampa do reservatório.

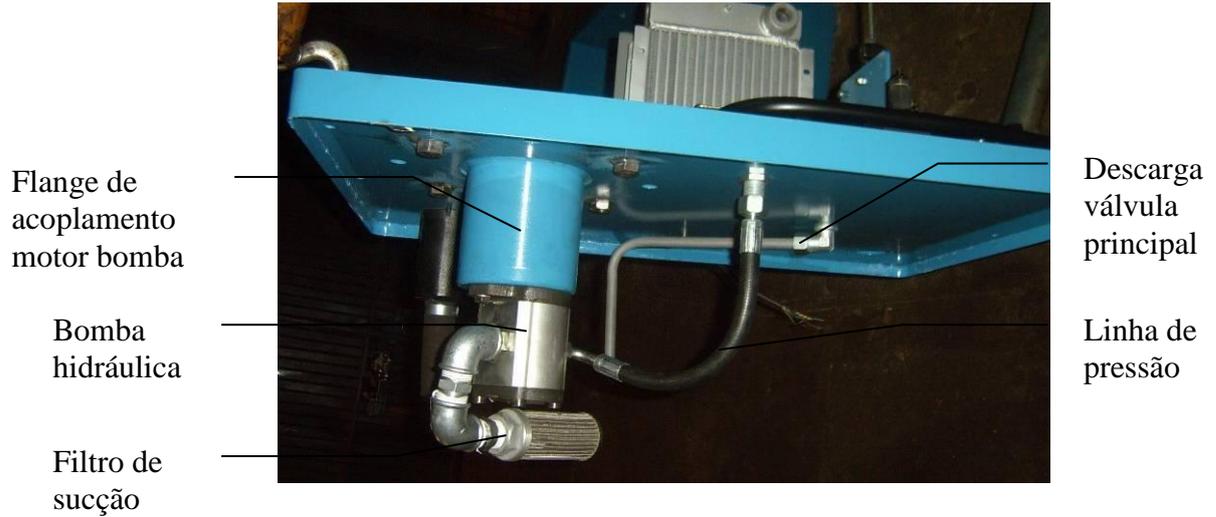



Figura 33 – Pré-montagem dos componentes hidráulicos

Após a montagem dos componentes internos da tampa ela foi montada sobre o reservatório, devidamente vedada para evitar a contaminação por poeira e vazamentos do fluido hidráulico. A união entre a tampa e o reservatório é feita através de parafusos. Detalhes da montagem dos componentes sobre a tampa é mostrado na figura 34.

Figura 34 – Montagem componentes sobre a tampa

O conjunto de bombeamento utiliza um flange de acoplamento modelo FLMB-14-300-B do fabricante HDA, e um acoplamento elástico modelo GS-97 do fabricante Dagross. O acoplamento elástico que une o eixo do motor elétrico com o eixo da bomba hidráulica é mostrado na figura 35.

Figura 35 – Conjunto motor bomba e acoplamento elástico

3.4 Trocador de calor

Com a montagem do trocador de calor o circuito hidráulico é completado. Devido ao pouco espaço o trocador de calor foi disposto sobre a tampa de acordo com a posição em que a unidade de potência e condicionamento hidráulico será instalada no NIMASS.

Para facilitar a montagem, a ligação entre o trocador de calor e o filtro de retorno foi feito com mangueira flexível, de acordo com a dimensão interna especificada no projeto, conforme ilustra a figura36.

Figura 36 – Montagem final dos componentes hidráulicos

3.5 Sistema elétrico

O sistema elétrico desenvolvido para esta unidade hidráulica foi construído e instalado pela empresa Projessul Ind. Elétrica, de Três de Maio/RS, como já foi comentado em seções anteriores. Seguindo o diagrama do projeto foi montado o quadro de comando para realizar a partida do motor principal de 20 cv, e o controle de temperatura com o acionamento eletrônico do ventilador do trocador de calor.

A instalação da chave de partida estrela-triângulo reduz em até 30 % a corrente de partida. Em sistemas modernos como chaves soft-starter e inversores de frequência é possível uma redução de até 60% na corrente de partida, porém, o custo é muito elevado.

A figura 37 mostra a montagem dos componentes do quadro de comando que são responsáveis pela partida estrela triângulo e controle de temperatura. Os principais componentes são as contatoras e o relé temporizador.

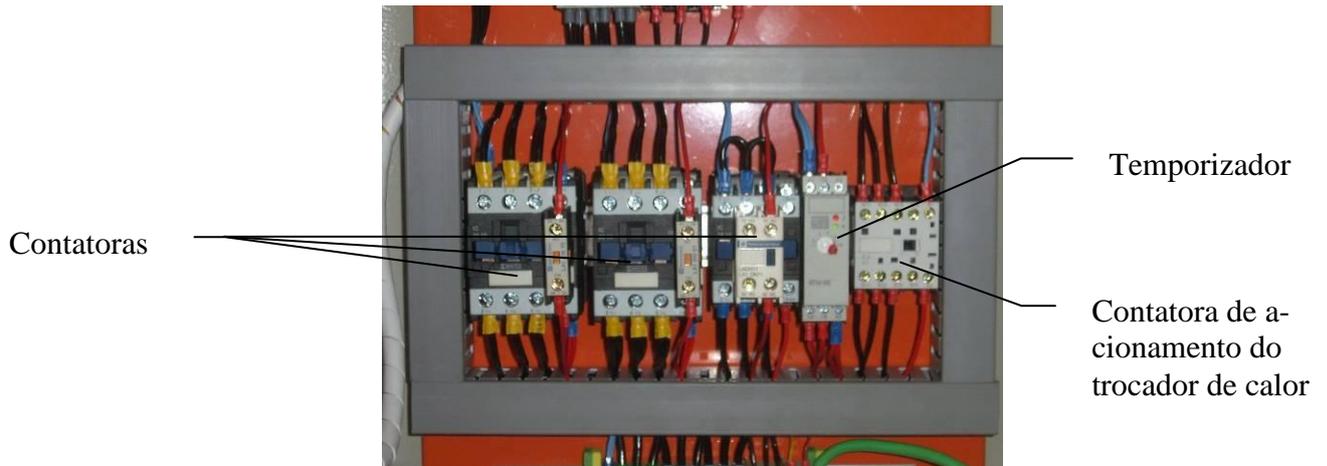



Figura 37 – Quadro de comando.

A figura 38 mostra a parte externa do quadro de comando onde estão instalados o controlador de temperatura, o botão de emergência e a chave de partida do motor principal.

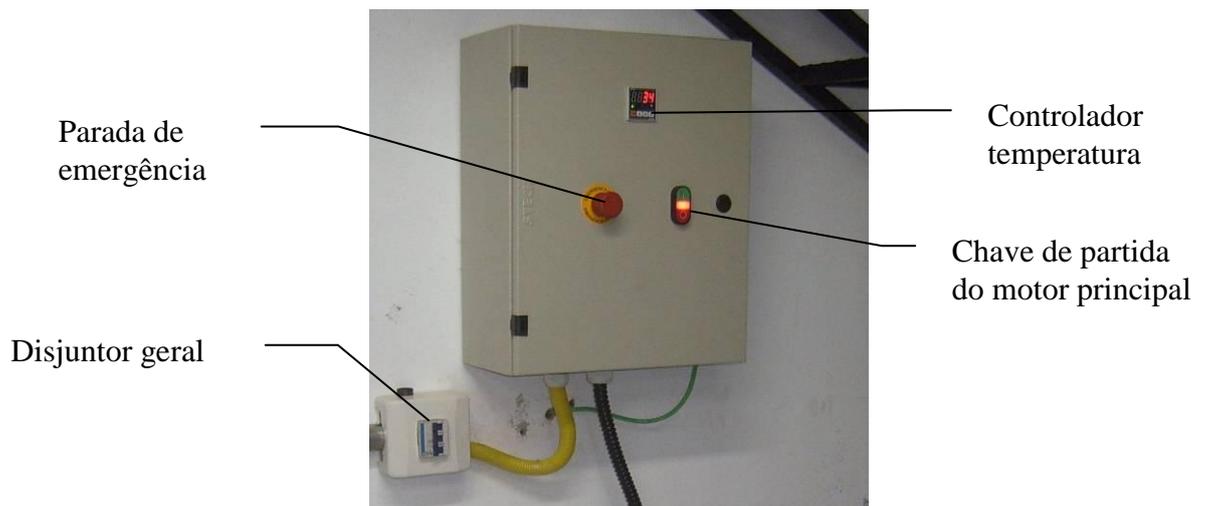



Figura 38 – Sistema de controle de temperatura e segurança

Na figura 39 pode ser visto a base do trocador de calor onde está instalado o sensor de temperatura, responsável pela emissão do sinal proporcional a temperatura para o controlador.

Figura 39 – Montagem do sensor de temperatura

3.6 Discussões

Durante a construção e montagem do equipamento pode se verificar que a maior dificuldade encontrada foi no processo de soldagem. Devido ao espaço confinado houve uma dificuldade para manter a uniformidade dos cordões de solda. Também durante a montagem foi visto que o trabalho de instalação de tubos de aço no circuito é complexo, e requer muito cuidado para que não fiquem tensionados provocando uma possível ruptura.

O projeto foi atendido nos seus requisitos básicos, dependendo agora dos testes finais para a aprovação do seu funcionamento.

4 OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E TESTES

4.1 Introdução

Neste capítulo, apresenta-se um conjunto das instruções para o uso e operação do equipamento, cuidados a serem tomados no inicio das operações e opções de controle. As recomendações de manutenção para o equipamento tem o objetivo de prolongar sua vida útil e preservar a segurança do operador. Finalmente são apresentados os resultados dos testes de operação do conjunto montado.

4.2 Instruções para operação

Todos os sistemas hidráulicos estão sujeitos a problemas por mau uso e operação. É muito importante para o operador conhecer o equipamento que irá trabalhar antes de seu uso. Antes de colocar em funcionamento qualquer equipamento é necessário verificar suas condições de trabalho para evitar prejuízos ao sistema e a saúde do operador.

A unidade de potência e condicionamento hidráulico em estudo é um equipamento simples e fácil de ser operado, porém, necessita de cuidados básicos para garantir um melhor desempenho. Suas partes são mostradas na figura 40.

Para colocar em funcionamento o equipamento, primeiramente, deve ser verificado o nível de fluido hidráulico no reservatório através do visor de nível (1) e, se as tomadas de pressão A e B estão tamponadas ou conectadas a algum equipamento. Após, para evitar que ocorra uma corrente de partida elevada, é necessário antes de ligar o equipamento, verificar a posição da alavanca da válvula direcional (2), que deve ficar na posição neutra. Após a verificação é feito o alivio da válvula reguladora de pressão (3) e, opcionalmente, deve ser fechada a válvula divisora de fluxo (4).

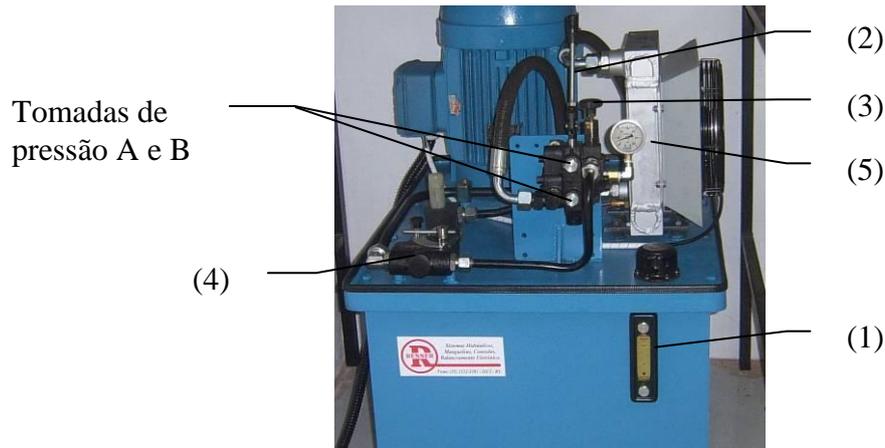



Figura 40 – Instruções para operação

Finalizada a primeira etapa deve-se energizar o painel de comando, ilustrado na figura 41, ligando o disjuntor geral (6) e habilitando o botão de emergência (7). Ao habilitar o botão de emergência (7) o controlador de temperatura (8) será energizado, ficando o sistema pronto para a partida. Para ligar o motor principal basta acionar o botão (9). Acionando o botão (9) o motor é ligado, ficando alguns segundos em uma rotação abaixo da rotação de trabalho, por conta da partida estrela triângulo, e logo após atinge sua rotação normal. Para desligar o equipamento existem duas opções, desligar somente o motor principal através do botão (9), ou desligar todo o sistema apertando o botão de emergência (7).

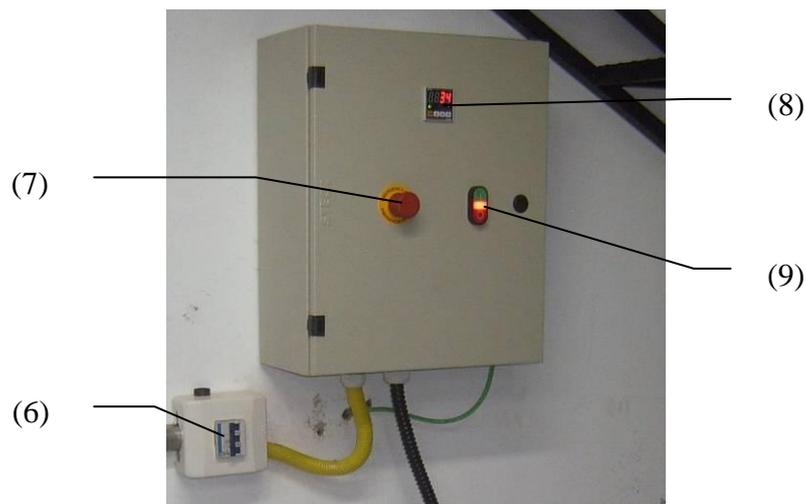



Figura 41 – Quadro de comando

Dada à partida no motor principal, se as tomadas de pressão A e B estiverem tamponadas, é possível ajustar a pressão do sistema através do manômetro (5). A válvula reguladora de fluxo (4) possui escala de 0 a 10 e deve ser aberta gradativamente para evitar golpes no sistema. Quando liberado o fluxo de óleo para a válvula direcional (2) acionar a alavanca em qualquer sentido, e observar a pressão no manômetro (5). Este sistema possui uma válvula de segurança (10) ajustada com a pressão de 150 bar, para evitar sobrecarga no motor elétrico. Não é recomendado acionar a válvula direcional (2) por períodos prolongados com pressão máxima e as tomadas tamponadas, pois nesta situação o fluxo de óleo é muito pequeno e pode danificar a bomba hidráulica.

No controlador (8), mostrado na figura 42, é possível ajustar a temperatura em que o ventilador do trocador será acionado. Comumente, é utilizada para circuitos hidráulicos a temperatura de 45 graus Celsius. Para modificar a temperatura no controlador não é necessário desligar o equipamento. Na tecla (11) do controlador com um toque os dois últimos dígitos da direita da tela irão piscar. Feito isto basta utilizar as teclas (12) e (13) para diminuir ou aumentar a temperatura, respectivamente, para o valor desejado. Selecionada a temperatura basta um toque na tecla (11) para confirmar o valor.

Figura 42 – Controlador de temperatura

Para a movimentação e instalação do equipamento no laboratório do NIMASS foi necessária à utilização de um guincho hidráulico e uma paleteira manual, devido ao peso do equipamento e ao espaço confinado para a instalação.

A figura 43 mostra a disposição final da unidade de potência e condicionamento hidráulico no laboratório do NIMASS. Podemos observar o quadro de comando instalado na parede e a unidade de potência e condicionamento instalada abaixo da escada.

Figura 43 – Disposição da unidade de potência e condicionamento hidráulico no NIMASS

4.3 Recomendações de manutenção

Na visão atual a manutenção existe para que não haja manutenção; falando da manutenção corretiva não planejada. Isto parece paradoxal à primeira vista, mas numa visão mais aprofundada, vemos que o trabalho da manutenção está sendo enobrecido onde, cada vez mais, o pessoal da área precisa estar qualificado e equipado para evitar falhas e não para corrigi-las (PINTO, 2001).

Sempre que a unidade de potência e condicionamento hidráulico estiver em funcionamento é importante o acompanhamento da temperatura do fluido. A temperatura é o meio mais preciso para identificar falhas na operação, e assim evitar quebras e manutenções não programadas. Periodicamente deve ser feita inspeção visual dos componentes para identificar pontos de vazamento, e evitar a contaminação e desperdício de fluido.

O tempo para verificação e substituição dos filtros de sucção e retorno depende diretamente das condições de trabalho do equipamento do meio ambiente. Locais onde a concentração de poeira e demais contaminante é muito alta, pode fazer com que a verificação seja

feita em intervalos de tempo menores. Em condições normais de trabalho recomenda-se a troca do filtro de retorno a cada seis meses e a limpeza do filtro de sucção a cada ano.

A substituição do fluido vai depender diretamente dos níveis de contaminação do sistema e do meio ambiente. Recomenda-se uma análise do fluido em laboratório para atestar suas propriedades e prever a substituição.

4.4 Resultados de testes de operação

O primeiro teste realizado após a montagem do equipamento foi o "*flushing*", que consiste na circulação do fluido através do sistema, por bombas e válvulas provisórias de circulação. Para este teste foram utilizados componentes semelhantes aos do projeto, e o procedimento foi de aproximadamente duas horas. O teste de "*flushing*" é extremamente importante, pois retêm nos filtros provisórios resíduos como tinta, cavacos e outros resíduos da montagem.

No segundo teste foi verificada uma diferença entre a pressão máxima teórica e a prática. No projeto foi calculada uma pressão máxima de 171 bar, mas na prática a corrente nominal do motor (30,5 A) foi alcançada com 150 bar. O motor possui um fator de serviço de 1,15, mas por medida de segurança, para não trabalhar no limite do equipamento, foi regulada a válvula principal com 150 bar.

Figura 44 – Medição da amperagem do circuito elétrico

O primeiro teste com dispositivo acoplado as tomadas de pressão da unidade hidráulica foi o acionamento de uma bancada de testes de tanques de combustíveis. Este trabalho faz parte do trabalho de conclusão de curso de um aluno de engenharia mecânica. Esta bancada

de testes utiliza hidráulica proporcional para realizar movimentos oscilatórios controlados, verificando, conforme normas, a resistência dos tanques. A bancada é ilustrada na figura 45.

Figura 45 – Dispositivo de teste de tanques acoplado a unidade de potência e condicionamento hidráulico

Durante o teste ocorreu um incidente sem grandes proporções, mas que alerta para a necessidade de um estudo detalhado do circuito hidráulico a ser testado antes de colocá-lo em funcionamento. A inversão do fluxo na válvula direcional fez com que o filtro instalado na linha de retorno do dispositivo de teste sofresse pane. Apesar do susto e do fluido perdido, ninguém se feriu nem houve danos ao restante do equipamento. Detalhe deste incidente é mostrado na figura 46.

Figura 46 – Filtro danificado durante teste

4.5 Discussões

Ao finalizar este capitulo observa-se a importância dos testes realizados. Instalar e operar o equipamento parecem tarefa fácil, mas se não fosse esta etapa e as observações feitas provavelmente às chances do equipamento apresentar algum problema seriam maiores.

A diferença de valores entre a pressão máxima teórica e prática pode ter como causa a perda de carga nas tubulações, válvulas e demais componentes do circuito.

Fica como sugestão para próximos trabalhos a instalação de outros assessórios para a unidade de potência e condicionamento hidráulico, como uma válvula de retenção de simples ação na linha de retorno do suprimento, indicador de contaminação do filtro de retorno, amperímetro no quadro de comando e tubulação para captação de ar para o trocador de calor.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Este trabalho de conclusão de curso apresentou o projeto e construção de uma unidade de potência e condicionamento hidráulico, tendo como base estudos anteriores nesta mesma instituição e literatura disponível. O objetivo principal foi alcançado com a construção do equipamento que já se encontra instalado e em funcionamento no NIMASS da UNIJUÍ no Campus Panambi.

A realização do projeto e da construção da unidade de potência e condicionamento hidráulico possibilitou colocar em prática os ensinamentos obtidos durante o curso de engenharia mecânica, como dimensionar um circuito hidráulico, selecionar seus componentes, construir a estrutura mecânica e elétrica e realizar a instalação e testes do equipamento.

O projeto e construção deste equipamento atende a demanda do Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) da UNIJUÍ, e possibilitou a continuação de estudos de outros acadêmicos nesta instituição.

Como perspectiva futura fica algumas sugestões para a ampliação do projeto:

- Implementação de um inversor de frequência para controle de vazão;
- Levantamento experimental da curva da unidade de potência, utilizando medidor de vazão e transdutor de pressão, e comparação com dados de catálogo;
- Projeto de uma tubulação para exaustão do ar quente do trocador de calor;
- Projeto e implementação de um circuito para regulagem automática de vazão e pressão utilizando válvulas proporcionais;
- Controle de temperatura para o inverno (sistema de aquecimento do fluido);

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Sidnei. **Comandos hidráulicos: componentes, aplicações e fórmulas utilizadas no projeto.** São Paulo: Edgard Blücher; [Campinas]: Fundação de Desenvolvimento da UNICAMP, 1981.

BOSCHREXROTH. **Catalogo geral de hidráulica: Bombas e motores.** Disponível em: <http://www.boschrexroth.com/country_units/south_america/brasil/pt/cat. jsp>. Acesso em: 10 out.2010.

BREMM, Felipe Luiz. **SELEÇÃO E PROJETO DE RESERVATÓRIOS HIDRÁULICOS.** Panambi: UNIJUÍ, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Mecânica. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

CALETTI, Luciano. **Desenvolvimento de um Protótipo de Sistema Especialista para Projeto de Unidades de Potência Hidráulica.** Florianópolis: UFSC, 2003. Dissertação, Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

CAVALCANTI, Paulo João Mendes. **Fundamentos de eletrotécnica para técnicos em eletrônica.** Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1993.

ESPOSITO, Anthony. **Fluid Power with applications.** 5. Ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.

GÖTZ, Werner. **Hidráulica, teoria e aplicações, da Bosch.** Robert Bosch Gmbh. Stuttgart. 1991.

HECK, Vinicius de Vargas. **Desenvolvimento e Construção de uma Bancada de Testes de Acionamentos Hidráulicos Proporcionais.** Panambi: UNIJUÍ, 2007. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Mecânica. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

HIDRÁULICA INDUSTRIAL. Livro texto. Festo Didactic, Abril de 2001.

LANDER, Cyril W. **Eletrônica Industrial: Teoria e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill,1988.

LINSINGEN, Irlan Von. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos.** Florianópolis: UFSC, 2003.

PARKER. **Hydraulic Power Units.** Catalog HY28-2661-CD/US. Hydraulic Pump Division. Maryville, Ohio USA. 2004-a. Disponível em <http://www.parker.com/literature/Literature%20Files/.../cat/.../DHandV-Pak.pdf>Acesso em: 10 out.2010.

PINTO, Alan Kardec, NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.

SILVA, Jonny C. **Expert System Prototype For Hydraulic System Design Focusing On Concurrent Engineering Aspects**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ANEXO A CATÁLOGO BOMBA HIDRÁULICA

ANEXO B CATÁLOGO MOTOR ELÉTRICO

Carlos Renner & CIA LTDA

No.: 5020

Data: 11/13/2010 5:53:32 PM

FOLHA DE DADOS

Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente	: Unijui
Linha do produto	: W22 Plus

Carcaça	: 160M
Potência	: 20 HP
Freqüência	: 60 Hz
Polos	: 4
Rotação nominal	: 1775
Escorregamento	: 1,39 %
Tensão nominal	: 380/660 V
Corrente nominal	: 30,5/17,5 A
Corrente de partida	: 207/119 A
Ip/In	: 6,8
Corrente a vazio	: 15,1/8,67 A
Conjugado nominal	: 80,7 Nm
Conjugado de partida	: 270 %
Conjugado máximo	: 300 %
Categoria	: N
Classe de isolação	: F
Elevação de temperatura	: 80 K
Tempo de rotor bloqueado	: 11 s (quente)
Fator de serviço	: 1,15
Regime de serviço	: S1
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C
Altitude	: 1000 m
Proteção	: IP55
Massa aproximada	: 120 kg
Momento de inércia	: 0,09535 kgm²
Nível de ruído	: 64 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro
Rolamento	6309 C3	6209 Z-C3
Intervalo de lubrificação	20000 h	20000 h
Quantidade de graxa	13 g	9 g

Carga	Fator potência	Rendimento (%)
100%	0,81	92,4
75%	0,75	92,4
50%	0,64	91,0

Observações:

Executor:

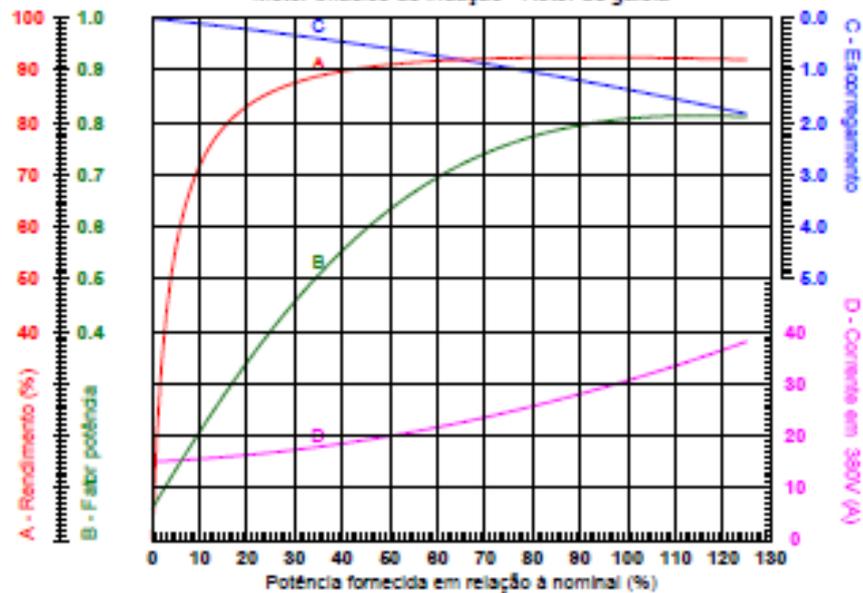
Verificado:

Carlos Renner & CIA LTDA

No.: 5020

Data: 11/13/2010 5:53:32 PM

CURVAS CARACTERÍSTICAS EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA

Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente	: Unijuí			
Linha do produto	: W22 Plus			

Potência	: 20 HP	Ip/In	: 6,8
Carcaça	: 160M	Regime de serviço	: S1
Rotação nominal	: 1775	Fator de serviço	: 1,15
Freqüência	: 60 Hz	Categoria	: N
Tensão nominal	: 380/660 V	Conjugado de partida	: 270 %
Classe de isolação	: F	Conjugado máximo	: 300 %
Corrente nominal	: 30,5/17,5 A		

Observações:

Executor:

Verificado:

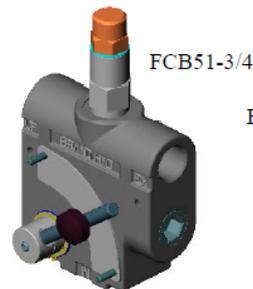
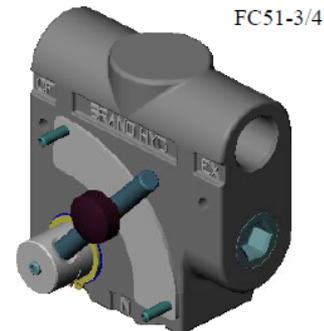
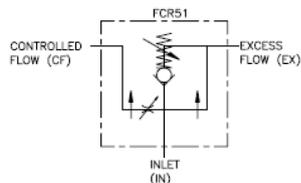
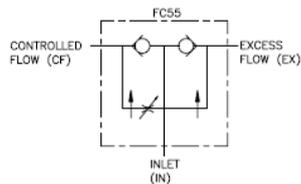
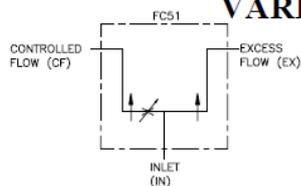
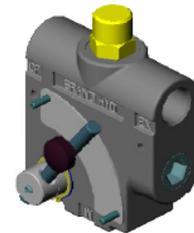
Carlos Renner & CIA LTDA
No.: 5020
Data: 11/13/2010 5:53:32 PM
CURVAS CARACTERÍSTICAS EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO
Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola
A - Conjugado em relação ao conjugado nominal (C/Cn)
B - Corrente em relação à corrente nominal (I/In)
Rotação em relação à rotação síncrona (%)
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
A
B
Cliente : Unijui
Linha do produto : W22 Plus
Potência : 20 HP
Carcaça : 160M
Rotação nominal : 1775
Freqüência : 60 Hz
Tensão nominal : 380/660 V
Classe de isolação : F
Corrente nominal : 30,5/17,5 A
Ip/In : 6,8
Regime de serviço : S1
Fator de serviço : 1,15
Categoria : N
Conjugado de partida : 270 %
Conjugado máximo : 300 %
Observações:
Executor:
Verificado:

ANEXO C – CATÁLOGOS REGULADORA DE VAZÃO

SHIPPING: 2332 S0 25TH STREET (ZIP 68105)
MAILING: P.O. BOX #6069 OMAHA, NE 68106
PHONE: (402) 344-4434
FAX: (402) 341-5419
HTTP://WWW.BRAND-HYD.COM

FULL RANGE PRESSURE COMPENSATING VARIABLE FLOW CONTROL "FC"

FC51-3/4

FCB51-3/4

FCR51-3/4

FEATURES:

- DIAMOND HONED SPOOL BORE provides consistent spool fit with low leakage.
- EVERY FC IS TESTED for shutoff, linearity, max. flow, and pressure compensation.
- STANDARD 3-PORT allows for pressure compensated flow out of two ports.
- EXTERNAL SEALS ON SIDE LEVER SPOOL prevents contamination from locking up spool.
- OPTIONAL TOP PORT allows the customer to plumb their pipe directly in line with the inlet.
- OPTIONAL 2-PORT allows for pressure compensated flow out of one port.
- OPTIONAL FREE REVERSE FLOW allows fluid to move from the CF (control flow) and EX (excess flow) port to the inlet. (Single reverse flow is optional)
- OPTIONAL BALL SPRING RELIEF AND HIGH LIFT BALL SPRING RELIEF CF (control flow) port.
- OPTIONAL TEMPERATURE COMPENSATED SIDE LEVER SPOOL allows the customer to maintain the same flow setting regardless of the fluid's temperature.

SPECIFICATIONS:

- **See flow chart for capacity.**
- **Rated for 3000 psi (207 bar).**
- **Weighs 7- ¾ lbs. (3.52 kg).**
- **30-Micron Filtration Recommended.**

MATERIALS:

- **Cast Iron Body.**
- **Heat Treated Steel Spools. (Stainless available)**
- **Buna N O'Rings (Standard)**
- **Heat Treated Free Reverse Check Seat.**

Flow Control Valves

FC – GENERAL INFORMATION

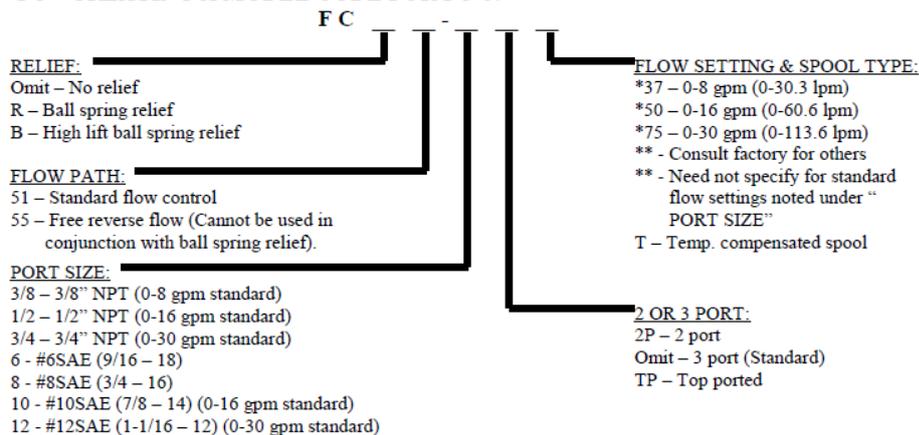
The Brand, full range pressure compensating variable flow control is designed so that the orifice area varies as the lever is rotated. Fluid travels past the variable orifice, through the compensator spool and then out the controlled flow port. Therefore the flow out of the CF port is proportional to the orifice area which can vary from closed to open. The sum of the controlled flow and the excess flow equal the inlet flow and as the controlled flow increases the excess flow decreases. Both outlet flows are pressure compensated with a spool that maintains a constant flow while adjusting for pressure. Hunting between the compensated pump and our valve is dampened with a dashpot on the compensator spool. Thus, the outlet flow is smooth and constant regardless of the pressure on the CF and EX port. External seals on the side lever spool prevent contamination from getting between the spool and the casting, thus preventing the spool from locking in one position. Please consult the factory for stainless steel side lever spools when the valve is going to be used in a corrosive environment. We also offer the FC with outlet ports coming from the top of the casting.

BALL SPRING RELIEFS – The ball spring relief (R) and the high lift ball spring relief (B) allow the customer pressure compensated flow up to the pressure setting on the relief. Once the pressure on the CF port increases above the relief setting the relief valve opens and diverts flow to the EX port while maintaining the pressure on the CF port. The EX port must be plumbed back to tank for both of these reliefs. The B option's advantage over the R option is that the cracking pressure at low and high flow is virtually the same. The B option is also more stable when flow is traveling past the ball and spring. (See relief flow charts on next page)

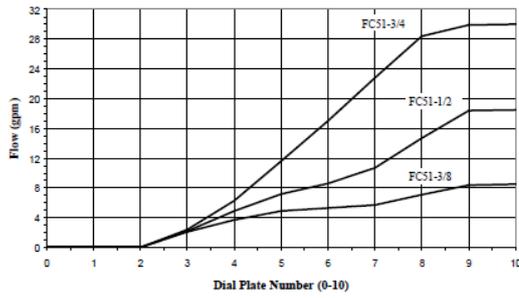
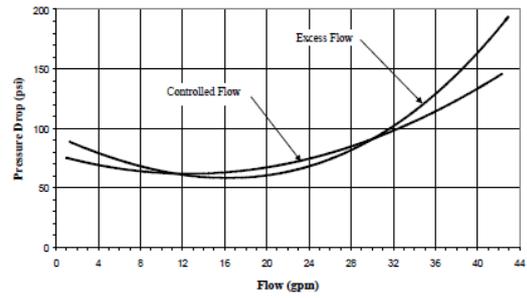
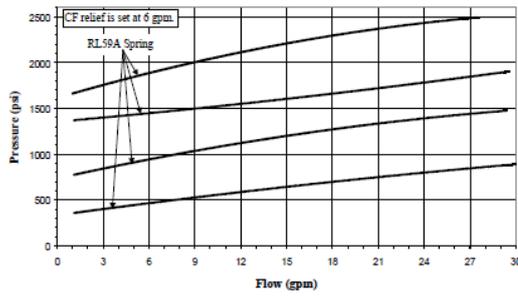
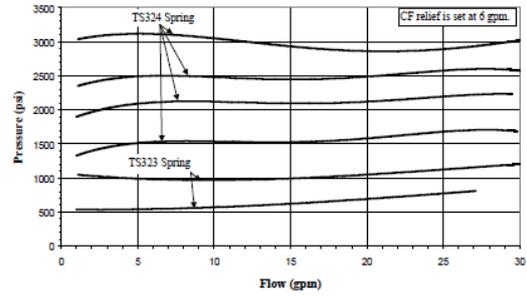
FREE REVERSE FLOW – The free reverse flow (55) option is designed primarily where cylinders and motors are needed to go in reverse. Flow can go in reverse from either the EX or the CF port to the inlet. Flow is not metered when it goes in reverse. The non-metered flow travels past the poppet, down the center of the valve, past the compensator spool and through the inlet. The steel poppet seat inside the free reverse flow check is heat treated to assure a long life.

FC – EXAMPLES OF COMMON MODEL CODES:

FC51-3/4................................ 3/4" ports and a max flow of 30 gpm.
FCR51-3/8............................. Ball spring relief, 3/8" ports, and a max flow of 8 gpm.
FC55-1/2.................................. Free reverse flow, 1/2" ports, and a max flow of 16gpm.

FC – CREATING A MODEL CODE FOR FC'S:

Flow Control Valves

FC FLOW & PRESSURE INFO:

Controlled Flow vs. Dial Plate for FC Series

Pressure Drop vs. Flow for FC Series

Pressure vs. Flow for FCR51

Pressure vs. Flow for FCB51

ANEXO D CATÁLOGO VÁLVULA DIRECIONAL E LIMITADORA DE PRES-SÃO

INLET COVERS

MODELS - see page 6

Code	Description
E60	Model CH60
E100	Model CH100

PORTS - see page 6

Standard	Code	Description
●	A	Top port
	B	Side port, top port plugged
	C	Top port, with side gauge port (1/4" NPT)
	D	Top inlet and outlet ports (use H, I, J and L on outlet)

MAIN RELIEF VALVES - see page 6

Standard	Code	Description
	A	No valve with plastic cover
	B	No valve with special cover
●	C	With direct valve and external adjustment
	D	With direct valve and internal adjustment

THREADS

Code	Description
Threads	See table on page 17

With valves specify pressure and flow - Ex.: 140 bar / 40 lpm

Example code: E60 | A C 2 | 140/40

OUTLET COVERS

MODEL - see page 7

Code	Description
S60	Model CH60
S100	Model CH100

PORTS - see page 7

Standard	Code	Description
●	A	Top port
	B	Side port (top plugged)
	C	Side port for power beyond (top to tank)
	D	Top port (with closed bypass)
	E	Top port (for electrical control)
	F	Top port (for electrical control, with power beyond)
	G	Side port (for electrical control, top plugged)
	H	Top plugged
	I	Top plugged, with power beyond
	J	Top plugged for electrical control
	L	Top plugged for electrical control, with power beyond

THREADS

Code	Description
Threads	See code table page 17

Example code: S60 | A 2

● Standard

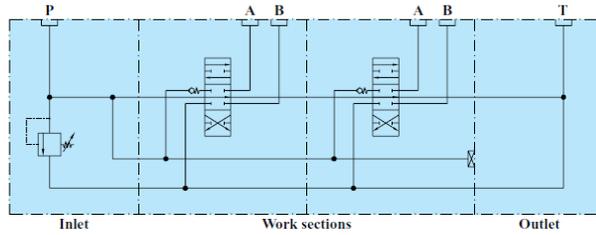
SAUER DANFOSS

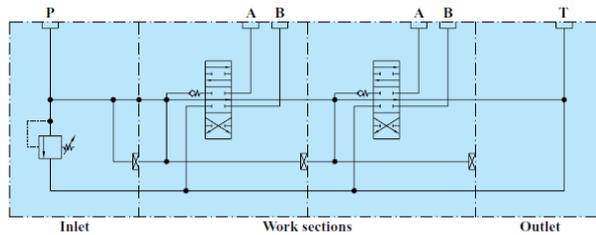
SPECIFICATIONS

CH60 maximum flow .... 60 LPM (15 GPM)
CH100 maximum flow .... 100 LPM (25 GPM)
Work pressure .... 210 BAR (3500 PSI)
Maximum pressure .... 250 BAR (4250 PSI)
Maximum pressure in outlet section .... 40 BAR (570 PSI)
Temperature range .... -40ºC +80ºC (-40ºF +176ºF)
Fluid recommendation .... Mineral hydraulic oil
Fluid viscosity recommended .... 26-55 cSt

CIRCUIT TYPES

PARALLEL CIRCUIT (no priority)

Two or more bodies are operated simultaneously, the fluid always shall feed the less pressure.

TANDEM CIRCUIT (priority)

The fluid feeds just the operated body which is closed to the inlet and do not allow the use of others.

SERIES CIRCUIT (no priority)

Two or more sections are simultaneously activated, the flow returns from the first section and feeds the second one.

CH60

Pressure (bar)

16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

0 10 20 30 40 50 60

Flow (l/min.)

12 Work sections
11 Work sections
10 Work sections
9 Work sections
8 Work sections
7 Work sections
6 Work sections
5 Work sections
4 Work sections
3 Work sections
2 Work sections
1 Work sections

CH100

Pressure (bar)

17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Flow (l/min.)

12 Work sections
11 Work sections
10 Work sections
9 Work sections
8 Work sections
7 Work sections
6 Work sections
5 Work sections
4 Work sections
3 Work sections
2 Work sections
1 Work sections

Oil viscosity: 32 cSt

APÊNDICE A – DESENHO DE CONJUNTO DA UNIDADE DE POTÊNCIA E CONDICIONAMENTO HIDRÁULICO

APÊNDICE B – DESENHO DO CIRCUITO HIDRÁULICO E LISTA DE COMPONENTES

APÊNDICE C – DESENHO DO CIRCUITO ELÉTRICO